

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

Conception d'un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie

par

Cynthia Ouellet

Essai présenté à la Faculté d'éducation

en vue de l'obtention du grade de

Maître en enseignement (M. Éd.)

Maîtrise en enseignement collégial

Avril 2021

© Cynthia Ouellet, 2021

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

Conception d'un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie

par

Cynthia Ouellet

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Sawsen Lakhal
Université de Sherbrooke

Directrice de l'essai

Nathalie Marceau
Université de Sherbrooke

Codirectrice de l'essai

Marie-Andrée Gingras
Université de Sherbrooke

Évaluatrice externe de l'essai

Essai accepté le 15 avril 2021

SOMMAIRE

Cet essai porte sur la conception¹ d'un simulateur pédagogique comme outil d'aide à la modélisation et à l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Cet outil novateur se veut une mesure de soutien à l'acquisition de connaissances au sein du programme Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit de Longueuil. Il a également été conçu dans le but de combler un manque de ressources didactiques spécialisées en denturologie.

À partir de l'objectif général de cet essai, qui est de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèse dentaires complètes, nous avons développé un cadre de référence portant sur la simulation et les simulateurs, la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes afin d'établir les fondements de l'essai. S'inscrivant sous le pôle innovation, cette recherche développement de nature pragmatique/mixte, à prédominance qualitative a pour objectifs spécifiques la conception d'un simulateur pédagogique selon une méthode de recherche développement et la validation de celle-ci auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie.

¹ La conception, aussi appelée design, est la deuxième phase du modèle ADDIE (analyse-design-développement-implantation-évaluation) sur lequel cet essai est basé.

Nous avons ainsi opérationnalisé la conception de notre simulateur au travers d'un cahier des charges détaillé et avons réalisé le tout à l'aide de l'ingénierie pédagogique, basée sur le modèle ADDIE. Nous avons analysé le contexte, la problématique, la clientèle cible, les besoins pédagogiques, les contraintes techniques, les ressources disponibles et les ressources nécessaires. Ensuite, nous avons procédé au design de la stratégie pédagogique globale basée sur le processus type d'apprentissage de Deshaies (1996). Par la suite, nous avons défini le type de simulateur et le type de simulation incluses dans ce dernier. Puis avons procédé au design du modèle de référence, des fonctions et des exercices inclus dans le simulateur pédagogique ainsi qu'au design de la configuration des écrans. Nous avons complété un journal de bord tout au long de ces étapes, pour conserver des traces des décisions prises et des raisons de ces décisions.

De là, nous avons créé un questionnaire d'évaluation du cahier des charges comportant des questions ouvertes et fermées et appuyant la méthodologie mixte de notre recherche. La méthode du questionnaire a été retenue pour sa constance d'un questionnaire à l'autre, permettant la comparaison entre les participantes et participants, et également parce qu'elle offre la possibilité de recueillir les données de façon entièrement anonyme. Nous avons ensuite recruté des enseignantes et enseignants du programme Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit, répondant aux critères de sélection de notre recherche, des expertes et experts en pédagogie de la denturologie pour valider la conception de notre simulateur pédagogique. L'échantillonnage de cette recherche est donc de type non probabiliste intentionnel, car basé sur des critères d'inclusion définis.

Au terme de ce projet, nous avons été en mesure de valider, grâce à la participation de neuf expertes et experts, la vocation d'aide à la modélisation et à l'apprentissage des variables mécaniques, reliées au montage en prothèses dentaires complètes, octroyée par notre simulateur pédagogique et d'établir les améliorations à apporter au cahier des charges avant la phase de développement du simulateur. Cette phase de développement doit, d'ailleurs, être entrevue comme une piste de développement futur de cette recherche. De plus, nous croyons que cet essai pourra servir comme point de départ à tout enseignante ou enseignant du niveau collégial souhaitant mettre en place un simulateur pédagogique visant la modélisation et l'apprentissage de concepts reliés à son champ d'expertise.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
PREMIER CHAPITRE. LA PROBLÉMATIQUE	5
1. LE CONTEXTE DE L'ESSAI	5
1.1 La denturologie	5
1.1.1 L'essor de la denturologie au Québec	6
1.1.2 Le premier programme Techniques de denturologie	7
1.1.3 L'actuel programme Techniques de denturologie.....	8
1.2 La fabrication de prothèses dentaires amovibles	9
1.2.1 Le processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible.....	9
1.2.2 Les compétences reliées au processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible	10
1.3 Les cours reliés au montage équilibré au sein du programme Techniques de denturologie	14
1.3.1 Le cours 110-205-EM	15
1.3.2 Le cours 110-CHJ-05	15
1.3.3 Le cours 110-404-EM	16
1.3.4 Le cours 110-408-EM	16
1.3.5 Le cours 110-435-EM	17
1.3.6 Les cours 110-528-EM et 110-60D-EM	18
2. LE PROBLÈME DE L'ESSAI	19
2.1 Les difficultés reliées à l'apprentissage du montage équilibré dans le cours 110-435-EM.....	19
2.2 Les difficultés reliées à l'enseignement du montage équilibré	21
2.3 Les liens entre le montage équilibré et la physique mécanique	23
2.4 Les problèmes de modélisation dans l'enseignement collégial	24
2.5 Les simulations assistées par l'ordinateur et les simulateurs dans l'enseignement ...	26
2.6 L'absence de recherche sur les simulateurs de montage équilibré en prothèses dentaires amovibles.....	28
3. L'OBJECTIF GÉNÉRAL DE L'ESSAI	30

DEUXIÈME CHAPITRE. LE CADRE DE RÉFÉRENCE.....	32
1. LA SIMULATION ET LES SIMULATEURS PÉDAGOGIQUES.....	32
1.1 Les simulations en formation.....	33
1.2 Les classes de simulation en formation.....	34
1.3 La didactique et la transposition	37
1.4 Les simulateurs pédagogiques	40
1.4.1 Le rôle de l'enseignante ou de l'enseignant.....	42
1.4.2 Les avantages	43
1.4.3 Les limites	45
1.5 La conception d'un simulateur pédagogique	47
2. LA MODÉLISATION.....	49
2.1 Le paradigme systémique.....	50
2.2 La notion de système.....	52
2.2.1 Les sous-systèmes	53
2.2.2 Le système de représentation	54
2.3 La notion de modèle.....	54
2.3.1 Les fonctions et types de modèles.....	56
2.4 La modélisation et l'apprentissage.....	59
2.5 Les limites de la modélisation.....	61
3. L'APPRENTISSAGE DES VARIABLES MÉCANIQUES RELIÉES AU MONTAGE ÉQUILIBRÉ EN PROTHÈSES DENTAIRES COMPLÈTES.....	62
3.1 L'apprentissage	63
3.1.1 Les types de connaissances	64
3.1.2 La représentation des connaissances	65
3.1.3 Le processus type d'apprentissage	66
3.2 Le montage équilibré en prothèses dentaires complètes	69
3.2.1 Les types de prothèses dentaires	69
3.2.2 Les différents mouvements de la mandibule.....	71
3.2.3 Les articulateurs	74
3.2.4 L'importance du montage équilibré en prothèses complètes amovibles.....	77
3.2.5 Les considérations d'ordre mécanique en denturologie.....	79

3.3	Les variables mécaniques en montage équilibré.....	80
3.3.1	La pente condylienne	81
3.3.2	La trajectoire incisive	82
3.3.3	L'angle cuspidien	82
3.3.4	Le plan prothétique	83
3.3.5	La courbe de compensation.....	83
3.3.6	L'interaction des différentes variables	84
4.	LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE L'ESSAI.....	86
	TROISIÈME CHAPITRE. LA MÉTHODOLOGIE	88
1.	LE TYPE DE RECHERCHE ET L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	88
2.	LE DÉROULEMENT DE LA RECHERCHE.....	91
2.1	La phase 1 : Origine de la recherche.....	92
2.2	La phase 2 : Référentiel	92
2.3	La phase 3 : Méthodologie.....	93
2.4	La phase 4 : Opérationnalisation.....	94
2.5	La phase 5 : Résultats.....	96
3.	L'OPÉRATIONNALISATION DE LA RECHERCHE.....	97
3.1	L'analyse.....	97
3.1.1	La phase d'analyse du simulateur pédagogique	98
3.2	Le design ou la conception.....	103
3.2.1	Le design du simulateur pédagogique.....	105
3.3	Le développement	114
3.3.1	Le développement du simulateur pédagogique	115
3.4	L'implantation.....	116
3.4.1	L'implantation du simulateur pédagogique	116
3.5	L'évaluation	117
3.5.1	L'évaluation de la conception du simulateur pédagogique.....	118
4.	LES TECHNIQUES ET LES INSTRUMENTS DE COLLECTE DE DONNÉES.....	118
4.1	Le journal de bord de la chercheuse.....	119
4.2	Le questionnaire	120

4.2.1	La section portant sur l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie.....	121
4.2.2	La section portant sur l'analyse.....	121
4.2.3	La section portant sur le design.....	123
4.2.4	La section portant sur l'appréciation globale	123
4.2.5	La page d'introduction du questionnaire.....	124
5.	LES PARTICIPANTES ET PARTICIPANTS	124
5.1	La population	125
5.2	L'échantillon	126
6.	LA PROCÉDURE DE COLLECTE DE DONNÉES	129
7.	LES MÉTHODES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES DONNÉES.....	131
7.1	Le traitement et l'analyse des données catégorielles nominales.....	131
7.2	Le traitement et l'analyse des données narratives.....	132
8.	LES CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES	134
9.	LA RIGUEUR ET LA SCIENTIFICITÉ	137
	QUATRIÈME CHAPITRE. LA PRÉSENTATION ET L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	140
1.	LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	140
1.1	Les résultats concernant l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie	141
1.2	Les résultats de la phase d'analyse	144
1.3	Les résultats de la phase de design.....	156
1.4	Les résultats sur l'appréciation globale du projet	162
2.	L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	167
2.1	L'interprétation des résultats en lien avec l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie	168
2.2	L'interprétation des résultats en lien avec la phase d'analyse	169
2.2.1	La discussion sur le contexte de développement du simulateur	170
2.2.2	La discussion sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques	172
2.2.3	La discussion sur les contraintes techniques.....	176
2.2.4	La discussion sur les ressources disponibles.....	177
2.2.5	La discussion sur les ressources nécessaires	179

2.3	L'interprétation des résultats en lien avec la phase de design	179
2.3.1	La discussion sur la stratégie pédagogique globale.	180
2.3.2	La discussion sur le design du simulateur.....	182
2.4	La discussion sur la possibilité d'application du simulateur à d'autres cours	188
2.5	Les améliorations à apporter au cahier des charges	190
2.6	L'interprétation des résultats en lien avec l'objectif général de l'essai	193
CONCLUSION		195
ANNEXE A.	LE PORTRAIT DU DIPLÔMÉ EN TECHNIQUES DE DENTUROLOGIE.....	222
ANNEXE B.	LE TABLEAU DES RELATIONS OBJECTIFS-COURS	223
ANNEXE C.	LE CAHIER DES CHARGES DU SIMULATEUR.....	224
ANNEXE D.	LE QUESTIONNAIRE	289
ANNEXE E.	LE FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ	306
ANNEXE F.	L'ATTESTATION DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE.....	309

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Mise en relation des éléments du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible et des compétences du portrait du diplômé.	13
Tableau 2.	Catégories de simulations selon Kaufman (2010).....	37
Tableau 3.	Éléments-clés du processus de conception d'un simulateur pédagogique selon Choplin et al. (2000).....	48
Tableau 4.	Fonctions spécifiques des modèles selon Varenne (2013).....	58
Tableau 5.	Étapes du processus type d'apprentissage.....	68
Tableau 6.	Résultats de l'expérience des expertes et experts en lien avec la compétence 00E7	143
Tableau 7.	Résultats de l'expérience des expertes et experts en lien avec la compétence 00EC.....	144
Tableau 8.	Résultats sur le contexte de développement du simulateur pédagogique	145
Tableau 9.	Commentaires des expertes et experts sur le contexte de développement du simulateur	146
Tableau 10.	Résultats sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques.....	148
Tableau 11.	Commentaires des expertes et experts sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques	149
Tableau 12.	Résultats sur les contraintes techniques	150
Tableau 13.	Commentaires des expertes et experts sur les contraintes techniques	151
Tableau 14.	Résultats sur les ressources disponibles	153
Tableau 15.	Commentaires des expertes et experts sur les ressources disponibles	153
Tableau 16.	Résultats sur les ressources nécessaires	155
Tableau 17.	Commentaires des expertes et experts sur les ressources nécessaires	155
Tableau 18.	Résultats sur le design de la stratégie globale	158
Tableau 19.	Commentaires des expertes et experts sur le design de la stratégie globale	159
Tableau 20.	Résultats sur le design du simulateur pédagogique.....	161
Tableau 21.	Commentaires des expertes et experts sur le design du simulateur pédagogique	162
Tableau 22.	Résultats sur les aspects globaux concernant le cahier des charges et le simulateur	164

Tableau 23.	Commentaires sur l'utilisation possible du simulateur dans d'autres cours du programme.	165
Tableau 24.	Résultats sur les éléments les plus appréciés dans l'ensemble du projet	166
Tableau 25.	Résultats sur les points à améliorer dans l'ensemble du projet.....	167
Tableau 26.	Extrait du tableau clientèle cible et besoins pédagogiques du cahier des charges.....	175
Tableau 27.	Résumé des suggestions d'améliorations et des décisions prises sur la phase d'analyse.....	191
Tableau 28.	Résumé des suggestions d'améliorations et des décisions prises sur la phase de design.....	192

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible.....	10
Figure 2.	Mouvement de rotation de l'articulation temporo-mandibulaire en vue latérale droite.....	72
Figure 3.	Mouvement de translation de l'articulation temporo-mandibulaire en vue latérale droite.....	73
Figure 4.	Articulateur utilisé dans le cadre du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit.	76
Figure 5.	Montage de deux prothèses complètes réalisé sur un articulateur Hanau.	77
Figure 6.	Modèle de recherche développement en éducation.....	91
Figure 7.	Exemple de modélisation provenant du logiciel <i>Dental system</i> de 3Shape	102
Figure 8.	Le modèle ADDIE tel que représenté par Gustafson et Branch (2007).....	117
Figure 9.	Répartition de l'expérience des expertes et experts à titre d'enseignante ou d'enseignant en Techniques de denturologie au CEM.....	141
Figure 10.	Répartition des résultats en lien avec la formation universitaire en pédagogie collégiale des expertes et experts	142

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

2D	Deux dimensions ou bidimensionnel
3D	Trois dimensions ou tridimensionnel
ADDIE	Analyse, design ou conception, développement, implantation, évaluation
ATM	Articulation temporo-mandibulaire
CAO	Conception assistée par ordinateur
CCDMD	Centre collégial de développement de matériel didactique
Cci	Copie conforme invisible
CÉR	Comité d'éthique de la recherche
CEM	Cégep Édouard-Montpetit
CFAO	Conception et fabrication assistée par ordinateur
EIA	Environnement informatisé d'apprentissage
ODQ	Ordre des denturologistes du Québec
ExAO	Expérimentation assistée par ordinateur
SAO	Simulation assistée par ordinateur
SCHF	Simulation clinique haute-fidélité
SI	Système d'information
SP	Système de pilotage
SO	Système opérant
TIC	Technologies de l'information et de la communication

« Au centre de la difficulté se trouve l'opportunité »

– Albert Einstein –

REMERCIEMENTS

La concrétisation de cet essai n'aurait pu avoir lieu sans la collaboration et le soutien de plusieurs personnes. Je souhaite tout d'abord remercier ma directrice d'essai, M^{me} Sawsen Lakhal, professeure agrégée au département de pédagogie de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke, ainsi que ma codirectrice d'essai M^{me} Nathalie Marceau, conseillère pédagogique du secteur Performa de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke, qui ont généreusement accepté de m'accompagner dans la conduite de ce projet. Elles ont su m'encadrer et m'encourager tout au long du déroulement de cette fastidieuse entreprise qu'a été la conception d'un simulateur pédagogique. Leur grande connaissance du processus de recherche et des technologies de l'information et de la communication, leurs forces complémentaires et leurs judicieux conseils m'ont été d'une aide précieuse.

Je tiens également à remercier mes collègues du département Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit qui ont consenti à donner de leur temps et qui, par l'apport de leur expertise spécifique et la qualité de leurs commentaires, ont su contribuer à la réussite de ce projet.

Je ne pourrais passer sous silence l'apport de certaines personnes que j'ai eu la chance de rencontrer ou d'avoir à mes côtés tout au long de mon parcours universitaire. J'aimerais ainsi remercier M. Christian Barrette qui, en m'enseignant au cours TIC803, a su faire naître en moi l'idée de ce projet. Aussi, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers M^{me} Renée Asselin, conseillère pédagogique et répondante Performa pour le cégep Édouard Montpetit qui, tout au long de mes études universitaires, m'a accompagnée dans chaque inscription et qui répondait

gracieusement à mes questions et me fournissait tous les détails techniques concernant mon cheminement. Par ailleurs, il me faut remercier M^{me} Raymonde Gosselin, conseillère pédagogique au cégep Édouard-Montpetit, tutrice et mentore durant l'ensemble de mon parcours. Par son approche et ses conseils, elle a su consolider mon choix d'entreprendre ce projet. Nos discussions enrichissantes qui s'étiraient facilement d'une petite heure, sur le bord de la porte, me manqueront beaucoup.

Je tiens également à remercier mes collègues et amis M^{me} Nathalie Charron, M. Michel Soucy et M. Rodney Sweeney qui m'ont offert une oreille attentive dans mes moments de doute et qui m'ont encouragée à persévérer. Un merci particulier à mon collègue de bureau M. Patrice Deschamps qui, par le partage de son expérience vécue et son intérêt envers mon projet, m'a à la fois rassurée et motivée. De même, je veux remercier M^{me} Stéphanie Arpin et M^{me} Annie Bradette, enseignantes et amies, deux femmes inspirantes qui rayonnent dans notre communauté collégiale et qui m'ont devancée de peu dans leur projet de maîtrise. Merci pour nos 5 à 7 de ressourcement. Je peux enfin rejoindre le club sélect.

J'aimerais remercier ma famille et mes amis que j'ai si souvent négligés au courant des deux dernières années et demie. Merci d'avoir compris l'importance de ce projet et d'avoir cru en moi. Finalement, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et mon amour à Paul, mon conjoint, ma moitié, qui, avec une patience infinie, a accepté de partager sa blonde avec ce long projet, qui m'a dit que ce n'était pas grave si les tâches et autres activités ne se faisaient pas de la même manière qu'à l'habitude, qui m'a si souvent entendu lui dire que j'avais besoin de calme pour me concentrer, qui m'a motivée, rassurée et aimée tout au long du processus. Merci d'être qui tu es!

INTRODUCTION

Les denturologistes sont des professionnelles et professionnels de la santé buccale qui conçoivent et fabriquent des prothèses dentaires amovibles complètes, partielles et sur implants. Dans le cadre de leur travail, ils sont appelés à servir directement la population, sans l'intermédiaire d'un tiers. Dès leur entrée sur le marché du travail, ils peuvent, s'ils le désirent, ouvrir leur propre cabinet. De ce fait, les finissantes et les finissants en Techniques de denturologie doivent être en mesure de confectionner des prothèses dentaires de qualité en respectant les étapes de fabrication et d'évaluer le travail qu'ils remettent à leur clientèle. Toutefois, nous observons depuis quelques années, une lacune chez les étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie au niveau de la compréhension des variables mécaniques reliées au montage équilibré, qui est une étape clé du processus de fabrication d'une prothèse dentaire amovible. Les étudiantes et étudiants n'ont pas tous la même compréhension de l'équilibre du montage, ce qui occasionne des pertes de temps au laboratoire, une altération, parfois même majeure et non conforme, des dents prothétiques ou encore une instabilité marquée des prothèses remises à la patiente ou au patient.

Dans le but d'améliorer la qualité des prothèses réalisées par les étudiantes et les étudiants et de favoriser la modélisation et l'apprentissage des notions de montage équilibré, nous avons

choisi de concevoir² un simulateur pédagogique de montage équilibré. Ce dernier permettra aux étudiantes et étudiants d'interagir avec un montage virtuel et de modéliser l'action de chacune des variables impliquées pour leur permettre un apprentissage plus en profondeur de ces notions. Cette recherche de type recherche développement visant la conception et la validation de matériel pédagogique s'inscrit sous le pôle innovation. Elle est de nature pragmatique/ mixte à prédominance qualitative, car elle rend compte des expériences et des réflexions des participantes et participants à l'égard de la conception du simulateur.

Dans le premier chapitre de l'essai, nous présenterons notre problème de recherche en regard du contexte particulier de la denturologie au Québec et du programme Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit. Nous aborderons plus en détail le processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible, les compétences et les cours en lien avec le montage équilibré ainsi que les difficultés reliées à l'apprentissage et à l'enseignement de celui-ci. La dernière partie de ce chapitre permettra de détailler l'objectif général de la recherche, qui est de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie.

² La conception, aussi appelée design, est la deuxième phase du modèle ADDIE (analyse-design-développement-implantation-évaluation) sur lequel cet essai est basé.

Dans le second chapitre, nous définirons les principaux concepts associés à notre projet, soit : les simulations et les simulateurs pédagogiques, la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Nous terminerons le chapitre en expliquant les différents objectifs spécifiques de la recherche, soit 1) concevoir un simulateur pédagogique selon une démarche de recherche développement et 2) valider la conception du simulateur pédagogique auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie.

Le troisième chapitre servira à exposer la méthodologie propre à ce projet. Nous y expliquerons le type de recherche et l'approche méthodologique retenue, le déroulement de la recherche, ainsi que sa phase d'opérationnalisation selon l'ingénierie pédagogique et le modèle associé analyse, design ou conception, développement, implantation, évaluation (ADDIE). Puis, nous présenterons, les techniques et instruments de collecte de données, la population et l'échantillon de la recherche ainsi que la procédure de collecte de données. Il y sera également question des méthodes de traitement et d'analyse des données, des considérations éthiques en lien avec le projet et les moyens mis en place pour assurer la rigueur et la scientificité.

Le quatrième chapitre mettra en évidence les résultats obtenus par le biais des questionnaires distribués, aux participantes et des participants, lors de la validation du cahier des charges, document témoignant de la conception du simulateur pédagogique. Nous y détaillerons d'abord, en ordre, les résultats obtenus lors de la collecte des données auprès des expertes et experts, et, par la suite, nous procéderons à l'interprétation des résultats par thème tout en les mettant en relation avec les éléments du journal de bord qui expliquent les décisions prises lors de

la conception. Finalement, nous dévoilerons les améliorations à apporter au cahier des charges et les résultats en lien avec l'objectif général de la recherche.

La conclusion contient une synthèse des principaux éléments du projet et des apprentissages réalisés. Nous y présentons également les conclusions de la recherche et les limites de celle-ci pour, finalement, y proposer les retombées envisagées et les perspectives découlant de ce projet.

PREMIER CHAPITRE. LA PROBLÉMATIQUE

Ce chapitre présente la problématique de l'essai. Dans un premier temps, nous décrirons le contexte dans lequel notre recherche prend place. En second lieu, nous traiterons des éléments constituant le problème de l'essai et nous terminerons ce chapitre en présentant l'objectif général de l'essai.

1. LE CONTEXTE DE L'ESSAI

La section qui suit sert à décrire le contexte particulier dans lequel s'inscrit cet essai. Tout d'abord, nous décrirons la profession de denturologiste ainsi que l'historique de la denturologie et du programme Techniques de denturologie. Ensuite, nous aborderons la fabrication de prothèses dentaires en détaillant, entre autres, le processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible et les compétences y étant reliées. Puis, nous expliquerons l'importance du montage équilibré en prothèses complètes. Finalement, nous conclurons cette section en portant notre attention sur les cours du programme Techniques de denturologie ayant un lien avec le montage équilibré.

1.1 La denturologie

Les denturologistes sont des professionnelles et professionnels qui, dans l'exercice de leurs fonctions, prennent des empreintes et des articulés et essaient, posent, adaptent, remplacent ou vendent des prothèses dentaires amovibles en remplacement de la dentition naturelle (RLRQ, c. D-4, art. 6). Ce qui constitue la particularité de ce métier est l'alternance entre les actes cliniques

réalisés en présence d'une patiente ou d'un patient et les étapes de fabrication effectuées par la ou le denturologiste au laboratoire. Par ailleurs, l'exercice de la denturologie est régi par une loi et un ordre professionnel, ce qui lui octroie sa place au sein du système professionnel québécois (RLRQ, c. C-26, art. 32).

1.1.1 L'essor de la denturologie au Québec

Au Québec, la profession de denturologiste émerge en 1973 avec l'entrée en vigueur de la première loi sur la denturologie (Provencher, 2016; RLRQ, c. D-4). Auparavant, seuls les dentistes étaient autorisés à effectuer, auprès des patientes et patients, les étapes cliniques associées à la pose de prothèses dentaires amovibles. Fait à noter, cette branche de la médecine dentaire se nomme la prosthodontie.

En ce qui a trait aux étapes de fabrication en laboratoire, elles étaient habituellement reléguées aux techniciennes et techniciens dentaires. Ce sont d'ailleurs ces derniers qui, en 1967, commencent à revendiquer, auprès du gouvernement, le droit de servir directement la population sans l'intermédiaire du dentiste; ce qui leur est accordé six années plus tard, après bon nombre de requêtes (Provencher, 2016). Dès la constitution de la profession de denturologiste, cette dernière se classe dans la catégorie des professions d'exercice exclusif, c'est-à-dire que « seuls les membres de l'ordre peuvent exercer les activités et porter le titre que la loi leur réserve » (Office des professions du Québec, s.d., n. p.). Cette précision fait qu'au Québec, nul ne peut pratiquer la denturologie à moins de détenir un permis émis en bonne et due forme par l'Ordre des denturologistes du Québec (ODQ). C'est d'ailleurs ce dernier qui, chapeauté par l'Office des

professions, fixe les modalités de délivrance de permis, entre autres en ce qui concerne la formation requise (RLRQ, c. C-26, art. 25,2° et 26).

1.1.2 Le premier programme Techniques de denturologie

Avec l'émergence de la nouvelle profession de denturologiste et les caractéristiques légales qui lui sont attribuées, les besoins en formation spécifique se font sentir. Les techniciennes et techniciens dentaires, n'étant pas formés pour intervenir directement à la chaise avec la patiente ou le patient, doivent, s'ils ou elles désirent exercer comme denturologistes, s'inscrire à une formation complémentaire de 600 heures de pratique clinique. Ce sont eux qui forment la première vague de denturologistes diplômés du Québec.

Ce n'est qu'au courant de l'année scolaire 1979-1980 que le premier programme Techniques de denturologie fait son apparition (Gouvernement du Québec, 1979). Il est uniquement offert par le Collège Édouard-Montpetit³ de Longueuil qui est également le seul à dispenser le programme de Techniques dentaires (Provencher, 2016). À cette époque, le programme de denturologie est présenté comme un programme expérimental et il en sera ainsi jusqu'en 1984, où il s'inscrit dans la liste officielle des programmes de formation collégiale (Gouvernement du Québec, 1984).

³ Au mois d'août 2013, le Collège Édouard-Montpetit change de nom pour celui du Cégep Édouard-Montpetit. C'est pour cette raison que, dans le cadre de cet essai, nous utilisons le terme collège pour les références bibliographiques antérieures au mois d'août 2013 et le terme cégep pour toutes celles qui sont postérieures à cette date.

1.1.3 L'actuel programme Techniques de denturologie

À la suite de l'implantation du renouveau collégial de 1993-1994, qui « a permis d'étendre l'approche par compétences à la formation technique » (Gouvernement du Québec, 2010, p. 3), le programme initial de Techniques de denturologie doit être remanié.

En 1997, le programme de Techniques de denturologie entre en vigueur. Ce dernier, qui est encore en application à ce jour, comprend 2 745 heures contact, dont 660 en formation générale et 2 085 en formation spécifique (Gouvernement du Québec, 1997), et s'étend sur une période de trois ans. Le but de ce programme est de former des personnes qui seront en mesure d'exercer la profession de denturologiste, c'est-à-dire, de « concevoir et fabriquer des prothèses amovibles adaptées pour des patientes ou des patients qui présentent une édentation complète ou partielle, à partir de données et d'observations qu'elles recueillent elles-mêmes, au moment des actes posés à la chaise » (Gouvernement du Québec, 1997, p. 13).

Le Cégep Édouard-Montpetit de Longueuil est encore, à ce jour, le seul établissement au Québec autorisé à donner cette formation (Compétences Québec, 2018a). Il s'agit donc d'une formation à site unique. Lors de la mise en œuvre de son programme, le Cégep a regroupé les 24 compétences ministérielles définissant les objectifs et standards minimaux pour l'entrée sur le marché du travail, au travers de sept mégacompetences. Le libellé des compétences et des mégacompetences, ainsi que la façon par laquelle ces dernières s'organisent, sont présentés à l'annexe A dans le portrait du diplômé en Techniques de denturologie.

1.2 La fabrication de prothèses dentaires amovibles

La fabrication de prothèses dentaires implique plusieurs étapes opérées dans un ordre précis et demande l'utilisation d'instruments spécialisés pour arriver à une qualité de produit répondant aux normes en vigueur sur le marché du travail. Ce processus de fabrication implique la mobilisation de plusieurs compétences que l'étudiante ou l'étudiant doit développer pour parvenir à pratiquer adéquatement le travail de denturologiste.

1.2.1 Le processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible

Comme stipulé plus haut, le cœur de la profession de denturologiste réside dans la conception et la fabrication de prothèses dentaires amovibles. Les denturologistes fabriquent, dans la plupart des cas, une prothèse dentaire en six séances cliniques effectuées avec la patiente ou le patient en alternance avec quatre étapes réalisées en laboratoire de fabrication. Un résumé du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible est proposé à la figure 1.

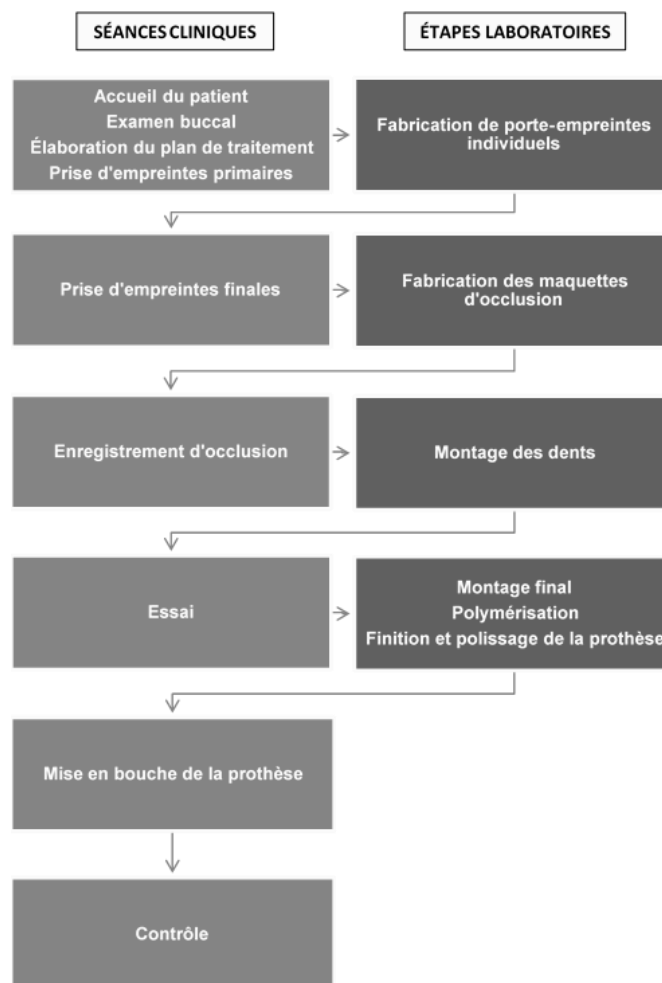


Figure 1. Processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible

1.2.2 Les compétences reliées au processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible

En observant le portrait du diplômé du programme Techniques de denturologie du CEM, présenté à l'annexe A, il est possible d'associer les compétences 1 et 2 à la première séance clinique de la figure 1, à l'exception de la prise d'empreintes primaires qui appartient à la compétence 5. La compétence 3, qui est une compétence de planification du travail à accomplir, est utilisée tout

au long du processus type, mais ne relève pas d'une étape particulière. La compétence 4, quant à elle, ne se trouve pas dans le processus type de fabrication, mais vient ajouter une ou plusieurs séances cliniques à ce dernier et vise à résoudre les problèmes de fabrication en amont. Pour sa part, la compétence 5, réaliser le plan de traitement, est en lien avec la quasi-totalité des étapes cliniques et laboratoires de la figure 1, à l'exception de la séance de contrôle qui, elle, se rapporte à la compétence 6. La compétence 7, quant à elle, concerne principalement l'aspect de la gestion d'entreprise relié au travail des denturologistes.

En analysant plus en détail les compétences ministérielles correspondant à la compétence 5, nous sommes à même de constater que les compétences : 00E3 *Procéder à la prise d'empreinte et à la fabrication de porte-empreinte*; 00E6 *Procéder à la fabrication de maquettes d'occlusion et aux modèles articulés*; 00E7 *Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche*; et 00E8 *Procéder à la finition et à la mise en bouche des prothèses amovibles* ont un lien avec neuf des dix étapes du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible illustré à la figure 1; le contrôle appartenant, rappelons-le, à la compétence 6. Aussi, il est important de savoir que la partie fabrication reliée aux compétences : 00EC *Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates*; 00ED *Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles partielles et immédiates*; et 00EH *Concevoir et fabriquer des prothèses adaptables aux implants ostéointégrés* implique que l'étudiante ou l'étudiant réinvestisse les notions apprises dans les compétences 00E3, 00E6, 00E7 et 00E8 en les adaptant à la fabrication de prothèses complètes, partielles ou sur implants (Gouvernement du Québec, 1997).

En ce qui a trait à la compétence 6, nous nous intéresserons à la compétence ministérielle 00E2 *Maintenir l'équilibre du système buccodentaire*, qui est directement en lien avec la séance clinique de contrôle. En effet, les deux autres compétences ministérielles, qui ont pour but de corriger des problèmes de fabrication, sont des étapes supplémentaires au processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible.

Pour faciliter la compréhension, le tableau 1, offre une mise en relation des éléments du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible et des compétences du portrait du diplômé, incluant les compétences ministérielles et les compétences du programme. Par ailleurs, nous avons identifié les séances cliniques par la lettre C et un numéro selon l'ordre de leur exécution et nous avons procédé de la même façon pour les étapes laboratoires, mais en leur attribuant la lettre L.

Tableau 1. Mise en relation des éléments du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible et des compétences du portrait du diplômé.

Éléments du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible		Compétences ministérielles correspondant aux éléments du processus type		Compétences du programme
C1	Accueil de la patiente ou du patient	00DY	Appliquer des mesures de prévention et de contrôle antimicrobien	1. Accueillir et évaluer les besoins de la patiente ou du patient
	Examen buccal	00E0	Utiliser une approche clinique adaptée aux caractéristiques des patientes et des patients	
		00DW	Analyser les conditions générales et buccodentaires	
	Élaboration du plan de traitement	00DX	Analyser les caractéristiques spatiales des structures buccodentaires à reproduire	
		00DZ	Élaborer une stratégie d'intervention denturologique dans les cas d'affections buccodentaires	2. Élaborer et conclure un plan de traitement
00EA		Établir un plan de traitement denturologique		
	00EJ	Appliquer les lois et règlements liés à la pratique professionnelle		
	Prise d'empreintes primaires	00E3	Procéder à la prise d'empreinte et à la fabrication de porte-empreinte	5. Réaliser le plan de traitement
L1	Fabrication de porte-empreintes individuels			
C2	Prise d'empreintes finales			
L2	Fabrication des maquettes d'occlusion	00E6	Procéder à la fabrication de maquettes d'occlusion et aux modèles articulés	
C3	Enregistrement d'occlusion	00ED	Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates	
L3	Montage de dents			
C4	Essai			
L4	Montage final	00E7	Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche	
	Polymérisation			
	Finition et polissage de la prothèse			
C5	Mise en bouche de la prothèse	00E8	Procéder à la finition et à la mise en bouche des prothèses amovibles	
C6	Contrôle	00E2	Maintenir l'équilibre du système buccodentaire	6. Valider et contrôler le plan de traitement

1.3 Les cours reliés au montage équilibré au sein du programme Techniques de denturologie

Avant tout, il faut savoir que l'apprentissage du montage en prothèses complètes ne relève pas d'une seule compétence ministérielle du programme Techniques de denturologie. En effet, les notions de base sont attachées à la compétence 00E7 *Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche*. Par la suite, elles sont réinvesties dans la compétence 00EC *Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates*. De plus, les notions théoriques menant à l'établissement de lien avec l'équilibre en bouche sont vues dans le cadre de la compétence 00E2 *Maintenir l'équilibre du système buccodentaire*.

Dans le tableau des relations objectifs-cours présenté à l'annexe B, il est possible d'observer que la compétence 00E7 représente 217 heures/contact réparties dans sept différents cours. Deux d'entre eux (110-CHK-05 et 110-445-EM) sont des cours reliés à la prothèse partielle et l'un d'entre eux (110-405-EM) relève plutôt de la modification de prothèse déjà existante. Ils ne sont donc pas en lien avec le sujet qui nous occupe.

Pour ce qui est de la compétence 00EC impliquant 181 heures/contact réparties sur six cours (Cégep Édouard-Montpetit, 2018a), nous ne tiendrons pas compte a) du cours 110-203-EM ayant une seule heure/contact, b) du cours 110-516-EM qui a trait à des traitements préprothétiques qui ne concernent pas le montage (Cégep Édouard-Montpetit, 2019a) et c) du cours 110-613-EM qui est un cours théorique servant à approfondir des notions de conception et non à mettre en œuvre des compétences de fabrication (Cégep Édouard-Montpetit, 2019b).

Pour sa part, la compétence 00E2, qui comporte 60 heures/contact, est vue dans un seul cours.

1.3.1 *Le cours 110-205-EM*

Ce cours de laboratoire se déroulant à la session 2 s'intitule *Procédés de montage de prothèses complètes* et est voué, durant l'ensemble de ses 75 heures, à la compétence 00E7. Il s'agit du premier cours de montage auquel les étudiantes et étudiants du programme doivent s'inscrire (Collège Édouard-Montpetit, 2012a). Ils y apprennent les fondements du montage prothétique, soient : a) le fonctionnement de l'articulateur, b) le montage à la plaque de la prothèse supérieure, c) l'axe à privilégier pour le positionnement de chaque catégorie de dents, d) les contacts occlusaux centriques et e) les surplombs horizontaux et verticaux, qui désignent la différence de niveau entre les dents supérieures et inférieures (Collège Édouard-Montpetit, 2012a). De plus, ils doivent apprendre à maîtriser la cire de fabrication qui est le matériau étroitement lié au montage. Ce cours n'aborde aucunement les notions de montage équilibré, mais vise plutôt à introduire la tâche complexe qu'est le montage prothétique et à solidifier les notions de bases auxquelles pourront venir s'arrimer des notions plus avancées.

1.3.2 *Le cours 110-CHJ-05*

Le cours 110-CHJ-05, situé à la session 3 et intitulé *Conception et confection de prothèses complètes amovibles I*, inclut 30 heures de contact avec la compétence 00E7. En ce qui a trait à cette compétence, les étudiantes et étudiants y apprennent les bases du montage équilibré à l'aide de cas fictifs standards et de faible niveau de difficulté, ce qui correspond au cas de semi-précision

classique, présentant des pentes condyliennes équivalentes de chaque côté. Ils se réfèrent à un guide de montage pour arriver à positionner les dents de façon équilibrée (Collège Édouard-Montpetit, 2012b).

1.3.3 Le cours 110-404-EM

Ce cours prend également place à la session 3 et se nomme *Équilibre du système buccodentaire*. Ce dernier porte sur l'analyse de l'équilibre du système buccodentaire et sur la planification de l'intervention denturologique. Les étudiants et étudiantes y apprennent l'ensemble de la compétence 00E2, ce qui leur permet de reconnaître un système buccodentaire en déséquilibre et de comprendre l'ensemble des paramètres physiologiques et techniques nécessaires à la conception de prothèses dentaires amovibles équilibrées (Cégep Édouard-Montpetit, 2019c). Ce cours inclut, entre autres, une amorce des notions théoriques de montage équilibré et une première compréhension de leur incidence sur la prise de mesures en bouche et sur la pratique du montage.

1.3.4 Le cours 110-408-EM

En ce qui a trait au cours 110-408-EM *Traitements cliniques adaptés*, il est porteur de 45 heures de la compétence 00E7. Se déroulant à la session 4, c'est le premier cours où les étudiantes et étudiants auront la chance de fabriquer en entier des prothèses pour une patiente ou un patient en clinique-école. Il faut donc comprendre que la plupart des heures attribuées à la compétence seront principalement en lien avec l'essai en bouche, plutôt qu'avec le montage. De plus, il est entendu dans le plan-cadre du cours que les étudiantes et étudiants réalisent une prothèse de semi-

précision (Cégep Édouard-Montpetit, 2019d). Ils n'approfondissent donc pas les notions de montage équilibré, mais ils mettent en pratique celles déjà apprises dans une situation authentique et avec un degré de difficulté augmenté.

1.3.5 Le cours 110-435-EM

Prenant place à la session 4, le cours 110-435-EM *Conception et confection de prothèses complètes amovibles II* comprend les quinze dernières heures de la compétence 00E7 au cours desquelles les étudiantes et étudiants approfondissent et mettent en pratique les notions de montage équilibré préalablement acquises. Ils y accroissent leur compréhension de l'interaction des cinq variables pouvant affecter l'équilibre d'un montage, soient : a) la pente condylienne, b) la pente incisive, c) l'angle cuspidien, d) le plan d'occlusion et e) la courbe de compensation. Ils devront également y réaliser des montages équilibrés de niveau complexe où ils devront gérer ces variables (Cégep Édouard-Montpetit, 2019e).

Par ailleurs, les étudiantes et étudiants débiteront dans le cadre de ce cours la compétence 00EC *Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates*, à raison de 15 heures de formation. Les objectifs d'apprentissage, reliés à cette compétence, les amèneront à mettre en application des techniques de résolution de problèmes en fonction de cas-patients variés, comportant différents niveaux de complexité et à évaluer les forces physiques mécaniques en jeu (Cégep Édouard-Montpetit, 2019e).

1.3.6 Les cours 110-528-EM et 110-60D-EM

Tout d'abord, il faut savoir que tous les cours du programme Techniques de denturologie, incluant les stages, se déroulent à l'intérieur des murs du cégep, et ce, grâce à la mise en place d'une clinique-école desservant directement la population. Les cours 110-528-EM *Conception et confection de PCA, PPA et immédiates* et 110-60D-EM *Stage*, respectivement situés à la session 5 et 6, sont les cours de confection rattachés à la clinique-école. Dans le cadre de ceux-ci, les étudiantes et étudiants réalisent toutes les étapes du processus type auprès de patientes et de patients réels. Ils doivent concevoir et fabriquer, pour ces personnes, des prothèses de précision, partielles ou complètes; le tout sous la supervision d'un maître de stage.

Par le biais de ces cours, les étudiantes et les étudiants continuent de développer la compétence 00EC, entre autres en ce qui a trait aux objectifs d'apprentissage visant à déterminer les conditions de fabrication des prothèses et à appliquer une séquence de fabrication adaptée au cas-patient. Il est stipulé dans les plans-cadres de cours que l'étudiante ou l'étudiant doit apprendre à visualiser le cas-patient, à évaluer les forces physiques mécaniques en jeu et à les mettre en lien avec les attentes et les besoins de la patiente ou du patient pour, finalement, élaborer une stratégie d'intervention et appliquer des techniques de montage adaptées au cas-patient (Cégep Édouard-Montpetit, 2019f, 2019g).

Le fait de travailler sur des cas réels augmente le degré de difficulté de la fabrication des prothèses. Effectivement, les variables influençant le montage équilibré n'étant pas standardisées, l'étudiante ou l'étudiant doit très bien comprendre l'incidence de ces dernières sur son cas afin de

bien gérer les problèmes mécaniques pouvant survenir et, ainsi, remettre des prothèses de qualité qui permettront aux patientes et aux patients de bien manger, sans douleur.

2. LE PROBLÈME DE L'ESSAI

Cette section sert à définir le problème de l'essai. Nous aborderons les difficultés liées à l'apprentissage et à l'enseignement du montage équilibré. Nous mettrons ensuite en lumière les relations entre les notions de physique mécanique et le montage prothétique. Puis, nous exposerons les solutions aux problèmes de modélisation dans l'enseignement au collégial pour, de surcroît, traiter de l'utilisation des simulations assistées par ordinateur et des simulateurs dans l'enseignement collégial et professionnel. Nous terminerons cette section en exposant l'absence de recherches sur les simulateurs en lien avec le montage équilibré en prothèses complètes amovibles.

2.1 Les difficultés reliées à l'apprentissage du montage équilibré dans le cours 110-435-EM

L'une des principales difficultés liées à l'apprentissage, par les étudiantes et étudiants, des notions avancées de montage équilibré, dans le cours 110-435-EM, est la faible maîtrise des notions de montage de base et du matériau de fabrication qu'est la cire. Pour arriver à équilibrer un montage en prothèses complètes, il faut que le montage à la plaque soit bien contrôlé. En effet, une rotation d'axe sur une seule dent postérieure peut entraîner une répercussion majeure sur les mouvements excentrés qui se déroulent lorsque la patiente ou le patient mastique. Or, pour quelqu'un qui est en apprentissage, il est difficile de distinguer ces légères imperfections qui ont

un grand impact. De plus, la cire, étant un matériau malléable s'il est chauffé et qui se contracte lors de son refroidissement, peut, si on ne maîtrise pas son utilisation, occasionner des déplacements de dents lors de la séquence de montage.

Aussi, la réalisation d'un montage implique plusieurs heures de travail par l'étudiante ou l'étudiant. Par exemple, la période attribuée au cours 110-435-EM est de cinq heures consécutives. Les étudiantes et étudiants peuvent facilement consacrer tout le cours à un même montage et avoir tout de même du travail personnel à effectuer à l'extérieur du cours. Alors, lorsque l'enseignante ou l'enseignant, pour leur faire apprendre des principes mécaniques, leur demande de défaire leur montage auquel ils ont consacré plusieurs heures, le sentiment de découragement peut rapidement se faire sentir. En effet, une forte charge émotionnelle est attachée à la réalisation de leur montage : ils ont perfectionné des détails au dixième de millimètres près pour arriver au résultat escompté et il leur est demandé de tout défaire en moins d'une minute et de recommencer.

D'autre part, les variables impliquées dans un montage équilibré sont des notions difficiles à comprendre, car elles agissent simultanément dans les trois dimensions (3D) lors des déplacements mandibulaires. Il est donc complexe de les isoler pour bien se représenter leur action. Aussi, les outils offerts aux étudiantes et étudiants pour comprendre ces concepts sont des dessins explicatifs bidimensionnels (2D), accompagnés de notes explicatives, ce qui est peu adapté à la nature tridimensionnelle de ceux-ci. Ainsi, pour certains qui ont une capacité limitée de visualisation structurale, c'est-à-dire un « sens inné des formes à trois dimensions [et une] aptitude instinctive à construire par une vue de l'esprit en partant d'un dessin, le relief précis d'un objet

quelconque » (Legendre, 2005, p. 1447), la transposition du 2D ou 3D est laborieuse, voire impossible à faire.

Par ailleurs, le fait d'apprendre sur leurs propres montages, bien que cela leur permette d'être actifs face à leur apprentissage, peut parfois entraver leur compréhension. En effet, comme mentionné plus haut, la mauvaise position d'une seule dent peut avoir des répercussions importantes sur l'équilibre d'un montage. Certains, par exemple, ne sont pas en mesure d'établir s'ils ou elles doivent revoir leur montage à la plaque ou agir sur les variables mécaniques. Souvent, les étudiantes et étudiants tardent à consulter l'enseignant ou l'enseignante pour résoudre ce type de problème et stagnent ou ont l'impression de travailler pour rien, ce qui peut entraîner du stress et un sentiment négatif par rapport au montage équilibré.

2.2 Les difficultés reliées à l'enseignement du montage équilibré

La principale difficulté rencontrée dans l'enseignement du montage équilibré réside dans la faible disponibilité des ressources didactiques en denturologie. La situation particulière dans laquelle s'inscrit le programme d'études en Techniques de denturologie, à savoir qu'au Québec il est dispensé par un seul établissement d'enseignement, et la situation géographique du Québec, seule région en Amérique du Nord où l'enseignement technique se fait principalement en français, contribuent au manque de documentation et d'outils spécialisés offerts en denturologie. Il est possible de se procurer des ouvrages rédigés en français provenant de l'Europe, mais il est nécessaire d'adapter la terminologie européenne pour qu'elle corresponde plus adéquatement aux termes en usage dans les professions du domaine dentaire au Canada. L'autre option est d'utiliser des ouvrages rédigés en anglais. D'ailleurs, il existe si peu de documents de référence spécialisés

en montage de prothèses dentaires, que le département a choisi le guide Dentsply (Collège Édouard-Montpetit, 2012a, 2012b), disponible uniquement en anglais, comme outil de référence en montage au sein du programme.

Dans un autre ordre d'idées, pour contrer les difficultés liées à la faible maîtrise du montage à la plaque et autres principes du montage de base, l'enseignante ou l'enseignant réalise un montage de référence et le laisse à la disposition des étudiants durant le cours. Cette façon de faire est répandue dans les différents cours de montage. En contrepartie, il existe des limitations à considérer dans cette pratique pédagogique. Tout d'abord, un montage, bien que réalisé par des mains expertes, s'il est soumis à des changements de température ou à de mauvaises manipulations, peut se déséquilibrer. Il n'est donc pas durable dans le temps⁴. Par ailleurs, cette pratique ne donne pas à l'étudiante ou à l'étudiant l'accès au montage de démonstration à l'extérieur du cours, car l'enseignante ou l'enseignant en a besoin dans ses différents groupes-classes. Pour ceux qui ont besoin de plus de temps pour la visualisation structurale, cela peut s'avérer être une limite à leur apprentissage.

Pour contrer cette situation, il serait envisageable de réaliser un montage de référence pour chaque étudiante et étudiant, ce qui leur laisserait la possibilité d'interagir avec celui-ci selon leurs besoins. Cependant, en ce qui a trait à cette idée, il faut prendre en compte deux choses. Premièrement, il n'existe pas de façon de reproduire un montage à l'identique. Par conséquent,

⁴ Il est à noter qu'au courant du processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible, le montage final équilibré est polymérisé immédiatement après sa réalisation pour empêcher tout changement dimensionnel.

l'enseignante ou l'enseignant devrait alors monter plus ou moins 30 montages, ce qui représenterait plus de 30 heures de travail pour un produit qui, en définitive, est peu durable et qui ne serait pas identique pour tous les étudiantes et étudiants. Deuxièmement, les articulateurs, bien qu'ils soient de la même marque et du même modèle, sont des instruments uniques qui peuvent, tant au niveau de leur forme qu'au niveau de leurs ajustements, différer de quelques millimètres d'un à l'autre. Or, le niveau de précision d'un montage équilibré ne permet pas une différence de quelques millimètres. En conséquence, il est impossible de transférer efficacement des cas d'un articulateur à un autre. C'est pourquoi cette solution pédagogique devrait être écartée.

2.3 Les liens entre le montage équilibré et la physique mécanique

Comme mentionné précédemment, dans le cadre de la compétence 00EC, les étudiantes et étudiants devront être en mesure de résoudre des problèmes complexes et d'évaluer les forces physiques mécaniques en jeu dans un montage équilibré (Cégep Édouard-Montpetit, 2019c). C'est d'ailleurs pour cette raison que la seule condition particulière d'admission au programme Techniques de denturologie est d'avoir réussi le cours de physique de la 5^e secondaire (Compétences Québec, 2018b). Il est donc intéressant de se pencher sur les notions de physique mécanique en lien avec l'équilibre du montage prothétique.

Selon le dictionnaire de l'éducation de Legendre (2005), un système, au sens de l'approche systémique, se définit comme un « ensemble d'éléments en interaction tels qu'une modification quelconque de l'un d'eux entraîne une modification de tous les autres » (p. 1288). En 1989, Gibert (cité dans Legendre, 2005) a, pour sa part, établi qu'un système est un « ensemble dynamique d'éléments distincts » (p. 1288). Dans cet ordre d'idées, il est juste de considérer l'articulateur et

le montage équilibré comme un système, car la modification d'une variable a nécessairement une influence sur les autres éléments constitutants et sur la dynamique du montage.

Si nous nous appuyons sur le fait que les étudiantes et étudiants ont de la difficulté à se représenter le système et ses éléments, nous pouvons faire l'hypothèse qu'ils ont un problème de modélisation. Ce concept se définit comme étant une « méthode ou [un] processus de représentation d'une situation réelle, éventuelle ou imaginaire dans le but de mieux comprendre sa nature et son évolution dans des conditions particulières » (Legendre, 2005, p. 907). Lorsqu'il explique l'action de modéliser, De Rosnay (1975, cité dans Legendre, 2005) parle de création de modèles à la suite d'une analyse du système. Or, derrière l'idée soumise préalablement, où l'on créait un montage pour chaque étudiante et étudiant, résidait une volonté de mettre ceux-ci en relation avec un modèle idéal qui les aiderait à se représenter les données du système, bref une volonté de modéliser le système.

2.4 Les problèmes de modélisation dans l'enseignement collégial

Une des recherches antérieures portant sur les problèmes de modélisation dans l'enseignement collégial a été réalisée par Riopel (2005). Dans le but de répondre à un problème de modélisation scientifique relevé chez des étudiantes et étudiants inscrits dans un programme de Sciences de la nature au collégial, Riopel (2005) a conçu et mis à l'essai un environnement informatisé d'apprentissage (EIA) de la modélisation scientifique qui combinait l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) et la simulation assistée par ordinateur (SAO). Les mises à l'essai fonctionnelles, empiriques et systématiques de l'EIA, ont permis de démontrer que cet outil didactique peut être utilisé « pour apprendre et faire apprendre » (Riopel, 2005, p. 223) et qu'il

permet aux étudiantes et aux étudiants de s'engager dans un processus de modélisation scientifique. De plus, la presque totalité des étudiantes et étudiants ayant participé à la recherche a exprimé que l'EIA leur a permis de mieux comprendre le phénomène physique que lors d'une expérience réalisée en laboratoire.

Pour sa part, Pinsonneault (2011) a développé des stratégies d'enseignement, appuyées par des simulations graphiques sur ordinateur, pour répondre à un problème de représentation graphique tridimensionnelle du tolérancement fonctionnel observé chez des étudiantes et étudiants d'un programme Techniques de génie mécanique. La construction d'outils de modélisation assistée par ordinateur du tolérancement fonctionnel avait également pour but de combler un manque de ressources didactiques dans ce secteur d'enseignement du génie mécanique et de rendre les cours plus dynamiques.

Dans leur publication, sur laquelle Riopel (2005) s'est appuyé, Cervera, Bigras et Wong (1997) expliquent le développement d'un EIA, également destiné à des étudiants de Techniques de génie mécanique, qui permet l'expérimentation des comportements de systèmes hydrauliques et pneumatiques. L'un des deux principaux éléments de la problématique de cette recherche concerne « les difficultés d'apprentissage qu'éprouvent les étudiants avec les phénomènes physiques qui se produisent dans les systèmes d'énergie des fluides industriels » (Cervera et al., 1997, p. 176), car ils sont complexes et abstraits, selon les auteurs. Ces derniers stipulent que l'EIA s'appuie sur une approche didactique de la modélisation pour rendre intelligible l'interaction entre les différentes variables du système.

2.5 Les simulations assistées par l'ordinateur et les simulateurs dans l'enseignement

Voyant que ces auteurs ont abordé des problématiques similaires à la nôtre en ayant recours à la SAO, nous avons alors orienté nos recherches pour savoir si d'autres auteurs ont eu recours à ce type de simulation en enseignement et s'ils répondaient, eux aussi, à une problématique de modélisation.

Les recherches antérieures réalisées au collégial en ce qui a trait aux simulateurs portent, pour la plupart, sur la simulation clinique haute-fidélité (SCHF) dans les programmes de sciences infirmières ou autres programmes de la santé. Les raisons de l'utilisation de telles simulations sont plutôt en lien avec le besoin de placer les étudiantes et étudiants dans différentes situations authentiques de soins afin qu'ils puissent développer leur jugement clinique, tout en préservant la sécurité des patientes et patients (Deschênes, Fournier et St-Julien, 2016; Gignac, 2012; Ledoux, 2016; Simoneau, Ledoux et Paquette, 2012). Ces simulations cliniques impliquent l'utilisation d'un mannequin haute-fidélité, qui est un outil hautement spécialisé qui reproduit l'état global et les paramètres vitaux d'une patiente ou d'un patient et qui permet l'interaction avec l'étudiante ou l'étudiant. Ce dispositif offre « une variété infinie de situations cliniques [...] et [assure] la normalisation des enseignements et de l'apprentissage » (Simoneau, Ledoux et Paquette, 2012, p. 5). Bien que les auteurs avancent que la SCHF permet la participation active de l'étudiant et dynamise les enseignements et l'apprentissage, au même titre que les recherches préalablement citées, l'utilisation d'un mannequin hautement spécialisé pour conduire les simulations et le déroulement en milieu clinique éloignent ces recherches de notre sujet.

Nous avons donc recentré nos recherches sur l'utilisation des simulations, simulateurs pédagogiques et autres dispositifs apparentés dans l'enseignement de la physique. Force est de constater qu'au Québec, plusieurs enseignants de physique de niveau collégial ont fait appel à la simulation dans leurs cours, traitant aussi bien de mécanique que d'électricité (Boucher-Genesse, 2012; Droui, 2012; Larouche, 2013). Ceux-ci ayant tous pour but de fournir une modélisation à l'étudiante ou à l'étudiant qui puisse faciliter la compréhension de concepts ou de systèmes rattachés à leur cours.

À l'extérieur du Québec, en France, Beaufiles et Richoux, dès 2003, ont fait état de l'utilisation des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique. Ces auteurs considèrent d'ailleurs les simulateurs comme « des outils privilégiés pour l'étude des théories et modèles dans le cadre de l'enseignement secondaire et supérieur » (p. 9). De plus, Hebenstreit, en 1992, a lui aussi soutenu le fait que « la modélisation et la simulation avaient des implications très profondes dans les démarches cognitives des étudiants » (n. p.).

Par ailleurs, les simulations assistées par ordinateur et les dispositifs numériques de formation semblent être des outils fréquemment utilisés dans l'enseignement technique et professionnel, tant au Québec, qu'en Europe. En effet, dans les dernières années, au Québec, les chercheurs ont conçu et mis à l'essai des simulateurs pédagogiques ayant un lien avec l'apprentissage de divers métiers, entre autres, dans les domaines de la technologie de l'électronique industrielle et du génie mécanique (Pilon, 2018; Pinsonneault, 2011). Constatant le lien étroit qu'ont ces domaines avec la physique, nous avons élargi nos recherches aux écrits provenant de l'Europe pour finalement découvrir que l'utilisation de la SAO dans l'enseignement

d'un métier a été rapportée dans les domaines : a) de l'aéronautique, b) de la conduite de centrales nucléaires, c) de l'électronique, d) de l'ingénierie, d) de l'informatique, e) de la taille de la vigne et f) de la pharmaceutique (Bouhadada et Meftah, 2008; Caens-Martin, Specogna, Delépine et Girerd, 2004; Choplin, Degrugillier, Galisson et Morin, 2000; Denami et Marquet, 2018; Masseux et Michau, 1996; Samurçay et Rogalski, 1998). On retrouve, à travers les recherches, une ligne directrice quant à l'utilisation de simulateurs : le besoin de simplifier, de rendre visible ou de rendre accessible un modèle trop complexe et, ainsi, de permettre aux étudiantes et étudiants d'avoir une meilleure compréhension et une pratique plus approfondie dans le contexte de l'apprentissage d'un métier.

2.6 L'absence de recherche sur les simulateurs de montage équilibré en prothèses dentaires amovibles

La seule recherche antérieure ayant un lien avec l'enseignement de la denturologie est l'essai de maîtrise de Deschamps (2015). Dans cette dernière, il relate la conception d'une formation en ligne, selon le modèle ADDIE, visant à améliorer la compétence des stagiaires de denturologie en ce qui a trait à l'asepsie. Bien que cet essai ne discute aucunement des problèmes de modélisation, ni même d'une réalité reliée à l'apprentissage du montage équilibré, ce dernier demeure toutefois intéressant en regard de la conception d'un dispositif. En effet, Deschamps (2015) relate que le modèle ADDIE, retenu pour concevoir son dispositif et testé auprès d'enseignantes et d'enseignants du département, « s'est avéré un processus systémique adéquat et efficace qui a permis de concevoir et développer un dispositif d'apprentissage efficient » (p. 6).

Nous avons élargi notre recherche à l'enseignement à l'aide de simulateur dans le domaine de la prothèse dentaire. Bonnet et al. (2018) expliquent la création d'un logiciel de simulation à des fins pédagogiques, pour l'apprentissage de la conception de structures métalliques en prothèses partielles amovibles. Ils expliquent s'être référés aux trois premières étapes de Johnson et Schleyer (2003) pour développer un logiciel éducatif de qualité, soit : a) analyse, b) design et c) développement. L'analyse leur a permis d'établir les objectifs et les exigences du projet ainsi que les ressources disponibles. Durant l'étape du design, ils ont produit des diagrammes de l'interface du logiciel, ils ont défini la configuration des écrans et ils ont rédigé le guide de démarrage de l'application. En ce qui a trait à l'étape de développement, Bonnet et al. (2018) ont numérisé des modèles en résine afin d'obtenir des représentations 3D des différents types d'édentement. Ils ont également développé des images numériques reproduisant les composantes des prothèses partielles métalliques. Par ailleurs, ils ont élaboré des questions à choix multiples sur les connaissances de base reliées à la conception de structures métalliques. De plus, durant cette étape, ils ont implanté leur logiciel sur un serveur « open source » ce qui, encore à ce jour, le rend disponible à tous et nous a permis de le consulter. Nous trouvons intéressants l'arrangement visuel du logiciel ainsi que le choix de combiner des questions à choix multiples et des modélisations. De plus, nous retenons le fait que Bonnet et al. (2018) se soient basés sur un modèle de conception en tous points identique à celui de Deschamps (2015), bien que provenant de sources différentes.

Par ailleurs, Gibbard et Salajan (2009) ont, eux aussi, traité de l'utilisation d'un environnement numérique de simulation pour l'apprentissage de la conception de structures métalliques. La recherche conduite auprès d'étudiantes et d'étudiants de la Faculté de médecine dentaire de l'Université de Toronto a révélé que les étudiantes et étudiants ont apprécié être en

contact avec un EIA, mais a soulevé l'importance du choix de scénarios pédagogiques alliant l'apprentissage plus traditionnel à la SAO.

Dans un autre ordre d'idée, nous avons obtenu plusieurs résultats faisant état de l'utilisation de simulateurs dans l'apprentissage de la médecine dentaire, entre autres en ce qui a trait à la dernière technologie pédagogique, le simulateur haptique (Jasinevicius, Landers, Nelson et Urbankova, 2004; Joseph, 2017; Kim et Park, 2006; Konukseven, Önder, Mumcuoglu et Kisnisci, 2010). Ce dernier est un équipement hautement sophistiqué (Joseph, 2017) qui, au même titre que le simulateur haute-fidélité en soins infirmiers, permet l'apprentissage de procédures de dentisterie opératoire⁵ sans mettre en jeu la sécurité des patientes et des patients. Il permet l'apprentissage de gestes cliniques, mais n'est pas en lien avec le montage équilibré.

3. L'OBJECTIF GÉNÉRAL DE L'ESSAI

À la lumière de cette recension d'écrits, nous constatons qu'aucun simulateur existant actuellement ne traite du montage équilibré en prothèses dentaires complètes amovibles. Nous avons, en revanche, été en mesure de constater que les simulateurs pédagogiques sont grandement utilisés dans l'enseignement de la physique mécanique, de certains domaines techniques et de la médecine dentaire, domaines ayant tous un lien avec la problématique qui nous occupe. Nous estimons que la denturologie pourrait bénéficier de la mise en place d'un tel dispositif. En effet, comme pour les recherches abordant l'enseignement de la physique au collégial, un simulateur de

⁵ « La dentisterie opératoire regroupe les interventions visant à restaurer une dent affectée par la carie dentaire ou ayant subi un traumatisme tel qu'une fracture » (Bücco, s.d., n. p.).

montage équilibré aiderait les étudiants à mieux se représenter les variables complexes reliées au montage équilibré en denturologie. De plus, il semble que ce serait un outil didactique pertinent qui viendrait combler un manque de ressources didactiques dans l'enseignement du montage équilibré.

Ainsi, nous avons choisi de définir l'objectif général de notre essai comme étant : concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et étudiants en Techniques de denturologie.

DEUXIÈME CHAPITRE. LE CADRE DE RÉFÉRENCE

Ce second chapitre sert à établir le cadre de référence de cet essai. Rappelons que l'objectif général de notre recherche est de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie.

De ce fait, notre premier concept portera sur les simulations et les simulateurs pédagogiques. Par la suite, nous décrirons le concept de modélisation. Dans un troisième temps, nous présenterons l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Nous terminerons ce chapitre en dévoilant les objectifs spécifiques de cet essai.

1. LA SIMULATION ET LES SIMULATEURS PÉDAGOGIQUES

Il convient tout d'abord de définir le terme simulation. Pour certains (Archambault, 2000; Chamberland, Lavoie et Marquis, 2011), la simulation correspond à une formule pédagogique. En effet, « la simulation est une méthode pédagogique d'intérêt, ayant déjà fait ses preuves dans différents domaines, très largement acceptée et souhaitée, tant par les étudiants que par les enseignants » (Jouffroy et al., 2016, p. 1). Pour d'autres (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al., 2004; Chesel et Thioulouse, 1990; Forget, 2016; Lemire, 2008, Le Moigne, 1977, 1987; Varenne, 2013), elle correspond plutôt à la mise en fonction d'un modèle ou la production d'un modèle dynamique. Elle permet ainsi de « remplacer un phénomène, un système à étudier, par un modèle plus simple, mais ayant un comportement analogue » (Jouffroy et al., 2016, p. 2) ou, selon

Bouhadada et Meftah (2008), de modéliser le monde réel en représentant le fonctionnement d'un système par ses caractéristiques et ses processus internes et « d'observer le comportement du système dans son ensemble et son évolution dans le temps » (p. 489). Par ailleurs, Sauvé, Renaud et Kaufman (2010) précisent qu'il existe deux catégories de simulations : a) les simulations en sciences et génie, qui servent à tester des hypothèses et b) les simulations en formation, qui se veulent des environnements d'apprentissage simples et sécuritaires.

Le simulateur conçu dans le cadre de cet essai, vise à devenir partie intégrante d'une simulation de formation, selon la définition de Sauvé et al. (2010). Il servira à mettre en fonction, à l'écran, un modèle simplifié du système : montage équilibré sur articulateur de précision dans un contexte de formation. Ainsi la simulation conduite à l'aide de ce simulateur pourra à terme se définir comme une méthode d'apprentissage d'intérêt pour les futurs denturologistes. Nous détaillons les simulations en formation dans les prochaines lignes.

1.1 Les simulations en formation

Comme préalablement mentionné, la simulation est, de nos jours, largement utilisée, entre autres, par les formateurs, et ce, dans une multitude de domaines, que ce soit : a) en aéronautique, b) en aérospatial, c) en santé, d) en ingénierie, e) en sciences appliquées (chimie, physique, géologie, biologie), f) en sécurité civile ou g) en viticulture (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al, 2004; Choplin et al., 2000; Jambon et al., 1998; Jouffroy et al., 2016; Larouche, 2013; Masseux et Michau, 1996; Riopel, 2005; Samurçay et Rogalski, 1998). En effet, les simulations permettent des manipulations de variables qui seraient risqu es pour l'étudiante ou l'étudiant ou pour les personnes impliquées dans la situation en contexte réel (Archambault, 2000;

Jouffroy et al., 2016; Samurçay et Rogalski, 1998; Sauvé et al., 2010). La simulation peut améliorer, en outre, la compréhension de liens entre différents concepts. En effet, elle « amène l'élève à caractériser l'ensemble des liens entre concepts à travers l'analyse de l'influence des changements de valeurs des paramètres des systèmes sur leurs comportements dynamiques simulés » (Masseux et Michau, 1996, p. 87).

Bref, la simulation permet aux étudiantes et étudiants de différents domaines de mieux comprendre des concepts qui, sans elle, resteraient abstraits ou moins approfondis. Elle facilite la modélisation des concepts au sein du processus cognitif de l'étudiante ou l'étudiant en offrant une représentation graphique de ceux-ci. Elle permet également une pratique des savoir-faire dans un environnement simplifié et plus sécuritaire que la situation réelle de travail. Nous croyons qu'en développant notre simulateur, nous aiderons les étudiantes et étudiants de denturologie à approfondir les concepts reliés au montage équilibré et à mieux les intégrer au sein de leur processus cognitif. Aussi, le fait de simplifier le processus, par lequel les étudiantes et étudiants pourront agir sur les variables, devrait contribuer au sentiment de sécurité de ceux-ci. En effet, le simulateur favorisera l'apprentissage de ces concepts en minimisant les effets négatifs attachés à l'apprentissage sur leur propre montage.

1.2 Les classes de simulation en formation

Selon Samurçay et Rogalski (1998), il existe quatre niveaux de simulation en contexte de formation qui se décrivent comme suit :

1. Naturelle : centrée sur des sujets professionnels opératifs, autrement dit, reproduisant intégralement l'environnement professionnel;
2. Réaliste : reproduisant d'une façon quasi fidèle le fonctionnement de l'environnement de travail;
3. Partielle : reproduisant en partie l'environnement. Les modèles y sont schématisés et l'interaction avec l'environnement de travail est symbolique plutôt qu'analogique. Par exemple, l'activation d'une commande à l'écran plutôt que par un bouton;
4. Micromonde : entièrement informatisé et simulant l'ensemble des éléments de la situation de référence. Il est plus sujet à s'éloigner de l'environnement professionnel.

Ces auteurs n'excluent pas le fait que, dans certains domaines, les situations de simulation peuvent être entièrement conduites par des humains et n'être assistées d'aucun dispositif informatique. Il s'agirait alors de l'un des trois premiers niveaux de simulation. Le simulateur que nous souhaitons concevoir appartient au niveau du micromonde, car il sera développé sur un support entièrement numérique. Il est vrai que l'utilisation de ce simulateur ne témoignera pas de l'environnement de travail des denturologistes. Par contre, comme les buts poursuivis par le développement de ce simulateur ne relèvent pas de la pratique de savoir-faire, mais bien d'une meilleure compréhension des concepts pour améliorer la capacité de résolution de problèmes des étudiantes et étudiants, le niveau du micromonde se révèle approprié à notre projet.

Lorsque vient le temps de classer les simulations faisant appel à un logiciel ou à un support numérique, Beaufils et Richoux (2003) proposent de se concentrer sur l'interaction que l'utilisateur a avec le modèle. Il en existe trois types, soit :

1. La modélisation qui consiste en l'élaboration du modèle ou de la représentation;
2. La manipulation de modèles qui vise l'obtention de résultats (numériques ou graphiques), par l'interaction avec le modèle explicité et préalablement programmé, avec lequel l'étudiante ou l'étudiant doit se familiariser;
3. L'investigation de modèles, aussi appelée expérimentation sur modèles, qui permet d'explorer les propriétés préprogrammées du modèle et celles qui en découlent et de prendre part à une activité scientifique conduisant à des mesures sur un modèle.

Notre simulateur qui servira à obtenir des résultats graphiques, suite à un changement de variable du montage par l'étudiantes ou l'étudiant, permettra la manipulation du modèle, ce qui correspond au deuxième type de simulation selon Beaufils et Richoux (2003).

Pour sa part, Kaufman (2010) relève plutôt sept catégories de simulations présentes dans un contexte de formation, que nous avons retranscrites dans le tableau 2. Selon cette classification, notre simulateur appartiendra à la catégorie des simulations hybrides. En effet, celui-ci combinera une simulation de situation à une simulation technique. Il correspondra à la simulation de situation dans la mesure où il favorisera l'apprentissage de la résolution de problèmes et de la prise de décision. Par ailleurs, il se rapportera à la simulation technique, car il permettra à l'étudiante ou l'étudiant de s'exercer sur une reproduction d'un système physique et favorisera l'économie de temps.

Tableau 2. Catégories de simulations selon Kaufman (2010)

Catégorie	Utilisation
Simulations logicielles	Utilisées pour la formation dans le domaine des TI et des logiciels
Simulations d'affaires	Utilisées pour perfectionner les compétences en matière de gestion et de comptabilité et qui passent souvent par l'exploitation d'entreprises virtuelles
Simulations de situation	Servent à promouvoir l'apprentissage de compétences en matière de communication, de résolution de problèmes et de prise de décisions
Simulations techniques	Exigent que [l'apprenante ou] l'apprenant s'exerce sur des reproductions de systèmes physiques pour apprendre le fonctionnement du matériel plutôt que sur des systèmes coûteux ou dangereux
Simulations de procédures	Utiles pour apprendre des processus en plusieurs étapes dans le cadre desquels un ensemble d'étapes bien définies doit être exécuté de nombreuses fois avant d'être bien maîtrisé
Mondes virtuels	Recréent des milieux de travail et d'autres environnements pour que [l'apprenante ou] l'apprenant se confronte à des interactions organisationnelles et sociales
Simulations hybrides	Combinaisons des catégories précédentes

Note. Définitions tirées de Kaufman, 2010, p. 77

Au final, bien que les appellations et les classifications des simulations en contexte de formation diffèrent selon ces auteurs, ceux-ci s'entendent pour dire que l'utilisation d'une simulation doit s'inscrire dans une stratégie pédagogique globale et préalablement réfléchie (Beaufils et Richoux, 2003; Kaufman, 2010; Samurçay et Rogalski, 1998). C'est pourquoi la prochaine section traitera de la didactique et de la transposition.

1.3 La didactique et la transposition

Bon nombre d'auteurs font référence à la didactique quand vient le temps de traiter de situations de simulation (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al., 2004; Masseux et Michau, 1996; Riopel, 2005; Samurçay et Rogalski, 1998). La didactique est la sphère qui étudie

le rapport au savoir, à la connaissance et qui met en évidence le rôle de médiateur que l'enseignant ou l'enseignante tient dans l'acte d'apprentissage (Vergnaud, 1999). Par ailleurs, plusieurs auteurs (Bizier, 2008; Lapierre, 2008; Vergnaud, 1999) soulignent qu'une médiation efficace entre savoir et étudiantes et étudiants est assurée par un questionnement didactique préalablement effectué par l'enseignante ou l'enseignant. Dans cet ordre d'idée, le questionnement didactique en rapport avec les simulations touche à plusieurs aspects. Tout d'abord, il est question du rapport des étudiantes et étudiants aux savoirs à enseigner. Il est rare de mettre des étudiantes et étudiants en contact avec une simulation avant que ceux-ci aient appris les savoirs de base qui seront exploités par cette simulation. La notion de prérequis est alors évoquée (Bouhadada et Meftah, 2008; Jambon et al., 1998).

Caens-Martin et al. (2004) et Samurçay et Rogalski (1998) soulèvent l'importance de tenir compte des difficultés d'apprentissage des étudiantes et étudiants face aux savoirs et aux savoir-faire à l'étude lors de la conception de la simulation. En ce qui concerne les stratégies d'enseignement, Hebenstreit (1992) précise que « pour que des travaux en modélisation et simulation [...] produisent leur plein effet, ils doivent être introduits au bon moment dans le déroulement du cours, en utilisant la bonne stratégie pédagogique [...] et avec les bons objectifs » (n. p.). De plus, la simulation doit faire partie d'une stratégie globale d'enseignement qui combine plusieurs types d'activités (Hebenstreit, 1992; Jambon et al., 1998; Masseux et Michau, 1996).

Par ailleurs, la fidélité physique d'un simulateur est spécifiée lorsque la décision de l'utiliser comme matériel didactique est prise. Ce n'est pas nécessairement le critère le plus important, mais une réflexion doit être effectuée sur les visées pédagogiques de l'utilisation de ce

dispositif (Hebenstreit, 1992; Samurçay et Rogalski, 1998). D'ailleurs, le point le plus fréquemment discuté par les auteurs a trait au savoir à enseigner. Quand l'utilisation de la simulation est envisagée, il faut, entre autres, définir les situations de références qui seront simulées, c'est-à-dire la situation de travail à reproduire et dans laquelle le contexte d'apprentissage évoluera (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al., 2004; Masseux et Michau, 1992; Samurçay et Rogalski, 1998).

Pour être en mesure de passer d'une situation de travail à une situation didactique, les auteurs introduisent le processus de transposition. Le but de la transposition didactique est de contrôler « les objets qui sont l'enjeu d'acquisition de connaissances, les composantes de la compétence-cible de la formation en cours, et la complexité de la situation de simulation pour le sujet » (Samurçay et Rogalski, 1998, p. 337). C'est-à-dire, transformer les situations de travail en situation d'apprentissage (Caens-Martin et al., 2004). « Les situations de formation ne pouvant pas traiter de la complexité globale des situations de travail, car le degré de difficulté serait trop grand pour les apprenants, les dispositifs de formation ont, depuis toujours, utilisé des décompositions de la complexité » (Samurçay et Rogalski, 1998, p. 342). Ces auteurs parlent de trois modes de décomposition comme procédés de transposition, soit : a) les découpages, b) les découplages et c) la focalisation. Le découpage fractionne le tout en parties et décompose la complexité de la tâche. Le découplage, pour sa part, sert à limiter les actions d'un sous-système particulier avec le système d'ensemble. La focalisation, quant à elle, sert à concentrer l'enseignement sur une composante de la relation entre l'étudiante ou l'étudiant et la situation de travail. Ainsi, les deux premiers modes de décomposition entrent en jeu lors de la conception du dispositif et le dernier mode est en lien

avec la conduite de la situation de simulation. Par ailleurs, la transposition à effectuer doit mettre en scène et prendre en compte

- a) la conception de situations d'apprentissage qui permet la construction des composantes des compétences cibles pour cette classe de situations professionnelles;
- b) le niveau de complexité de la situation simulée;
- c) un environnement d'apprentissage qui met à la disposition de l'étudiante ou de l'étudiant les outils d'investigation et de contrôle qu'utilise la professionnelle ou le professionnel dans ses raisonnements en situation réelle;
- d) les objets à transformer dans un environnement vraisemblable;
- e) l'étudiante ou l'étudiant et ses difficultés d'apprentissage (Caens-Martin et al., 2004; Chevalard, 1985, cité dans Caens-Martin et al., 2004; Samurçay et Rogalski, 1998).

Il sera alors primordial que, lors de la conception de notre simulateur et de la mise en place éventuelle de la situation de simulation y étant rattachée, nous tenions compte de ces cinq facteurs pour favoriser une transposition didactique efficace et nous assurer de développer un simulateur pouvant être qualifié de pédagogique.

1.4 Les simulateurs pédagogiques

Les simulateurs pédagogiques se différencient principalement des simulateurs scientifiques par le degré de précision des phénomènes simulés. Effectivement, alors qu'un

simulateur scientifique vise à représenter le plus finement et dans les moindres détails le phénomène, un simulateur pédagogique vise plutôt à mettre en évidence les principaux phénomènes qui permettront à l'étudiante ou à l'étudiant de comprendre le système (Choplin et al., 2000). Ainsi, « les phénomènes simulés n'ont de sens que dans la mesure où ils suscitent [une] activité d'apprentissage (motivation, questionnement, etc.) chez l'élève » (Choplin et al., 2000, n. p.). Dans cet ordre d'idée, Samurçay et Rogalski (1998) soulèvent l'importance des choix didactiques en ce qui a trait à l'efficacité d'un simulateur :

On a souvent confondu le réalisme des simulateurs avec leur efficacité dans la formation des compétences, en faisant l'hypothèse que, plus les simulateurs étaient proches de la réalité qu'ils simulaient, plus ils permettaient la construction des compétences opérationnelles. Or, il apparaît aujourd'hui que les conditions d'utilisation des simulateurs (les caractéristiques des situations didactiques qu'on construit et la manière dont elles sont menées par l'instructeur) jouent un rôle aussi - sinon plus - important que les caractéristiques du système technique lui-même.

(p. 336)

Ainsi, nous entendons, par le terme simulateur pédagogique, un dispositif, informatique ou non, qui reproduit un phénomène physique ou une situation de travail et qui vise la construction d'une ou plusieurs compétences par l'étudiant ou l'étudiante. Il est possible de les retrouver dans un contexte d'autoformation à distance (Bouhadada et Meftah, 2008) ou dans un contexte de formation en classe ou d'accompagnement par une enseignante ou un enseignant (Larouche, 2013; Samurçay et Rogalski, 1998).

En résumé, la conception d'un tel simulateur implique une « réflexion sur la nature de l'activité cognitive à laquelle l'auteur veut entraîner l'élève » (Masseux et Michau, 1996, p. 87), la mise en place d'une équipe de conception interdisciplinaire qui effectuera le développement du simulateur (Caens-Martin et al., 2004; Choplin et al., 2000; Masseux et Michau, 1996) et une série de mises à l'essai à la suite desquelles les concepteurs réinvestiront les commentaires des participantes et participants, sur les plans : a) pédagogique, b) fonctionnel, c) dispositionnel, d) graphique et e) didactique, à des fins d'amélioration du dispositif (Caens-Martin et al., 2004; Riopel, 2005; Samurçay et Rogalski, 1998). Ainsi, comme le stipulent Caens-Martin et al. (2004), « la conception et la réalisation de ce type d'instrument logiciel complexe ne peuvent faire l'économie d'un développement itératif où chaque fin d'itération est marquée par une étape d'évaluation scientifiquement validée » (p. 208).

1.4.1 Le rôle de l'enseignante ou de l'enseignant

Bon nombre d'auteurs (Bouhadada et Meftah, 2008; Caens-Martin et al., 2004; Masseux et Michau, 1996; Samurçay et Rogalski, 1998) s'entendent sur le fait que l'enseignante ou l'enseignant doit être partie intégrante de l'utilisation d'un simulateur. En effet, « l'utilisation libre d'une simulation par l'apprenant ne garantit pas l'apprentissage » (Bouhadada et Meftah, 2008, p. 489). C'est l'enseignante ou enseignant qui devrait fixer les objectifs et orienter les étudiantes ou étudiants lors de la manipulation. De plus, selon Beaufile et Richoux (2003) et Riopel (2005), il est primordial que cette dernière ou ce dernier explique la représentation et donne les informations sur le modèle utilisé et les principes de programmation sous-jacents.

À ce propos, selon Samurçay et Rogalski (1998), l'enseignante ou l'enseignant aura pour fonction :

la gestion didactique de la séance (apport de connaissance et de savoir, contrôle des acquis et guidage de l'activité de l'apprenant); la gestion de la simulation elle-même (activités qui portent sur la modification des paramètres de la situation elle-même); et la gestion de l'activité propre (gestion de la temporalité des séances, du contrat institutionnel, etc.). (p. 352)

Il est à noter que, dans certains types de simulateurs, l'enseignante ou l'enseignant sera remplacé par un agent pédagogique animé (Bouhadada et Meftah, 2008). Aussi, Jambon et al. (1998), dans le cas du développement de leur simulateur, ont précisé l'intérêt pour les enseignantes et les enseignants de pouvoir personnaliser la formation en étant aptes à modifier les conditions de réalisation et les standards de réussite des activités à l'intérieur même du simulateur. De plus, ils ont le pouvoir d'autoriser ou de retirer l'accès des étudiantes et étudiants au simulateur.

1.4.2 Les avantages

Tout d'abord, l'un des avantages d'une simulation utilisant un simulateur pédagogique est qu'il permet de mettre en relation le monde matériel et celui des théories. C'est une aide à la conceptualisation qui favorise la visualisation des concepts et qui améliore la qualité de la compréhension (Beaufils et Richoux, 2003; Larouche, 2013; Masseux et Michau, 1996; Samurçay et Rogalski, 1998). De plus, les simulateurs ont un caractère producteur, c'est-à-dire qu'ils permettent une réduction des temps d'apprentissage (Jouffroy et al., 2016; Riopel, 2005; Samurçay

et Rogalski, 1998). En effet, il y aura un effet positif et un effet cognitif non négligeable dans la mesure où les étudiantes et étudiants possèdent déjà les connaissances de base (Beaufils et Richoux, 2003; Larouche, 2013; Riopel, 2005). Par ailleurs, les simulateurs donnent « la possibilité à l'apprenant de construire de l'expérience pour la gestion de systèmes complexes et le traitement efficace de systèmes de routine lorsque l'apprentissage par essai/erreur peut être dangereux, et donc non toléré » (Caens-Martin et al., 2004, p. 210). Jouffroy et al. (2016) ajoutent la notion de risques diminués. Certains types de simulateur permettent de reproduire une grande variété de situations, ce qui entraîne une amélioration significative des connaissances pratiques et comportementales et contribue au passage du savoir aux savoir-faire et savoir-être (Jouffroy et al., 2016; Kaufman, 2010). L'utilisation d'un simulateur met les étudiantes et étudiants en action et les rend intellectuellement impliqués, ce qui favorise leur autonomie et stimule parfois même la pensée créative (Beaufils et Richoux, 2003; Hebenstreit, 1992; Kaufman, 2010; Masseux et Michau, 1996). Enfin, advenant le cas d'une évaluation des compétences sur un simulateur, l'enseignante ou enseignant pourrait juger avec une meilleure objectivité de la capacité des étudiantes et étudiants en offrant à tout un chacun une situation d'évaluation identique en tout point (Jambon et al., 1998).

Par ailleurs, l'utilisation de la conception assistée par ordinateur (CAO) offre une puissance de calcul pour traiter des systèmes complexes et une richesse quant à la représentation graphique pour illustrer les phénomènes dynamiques dans un simulateur (Masseux et Michau, 1996). De plus, elle permet parfois d'offrir une réalité augmentée pour une meilleure compréhension du système complexe. Par exemple, un simulateur de chirurgie qui rend possible la visualisation du trajet de vaisseaux sanguins ou d'organes qui ne seraient pas visibles en situation réelle, mais à

risque dans cette même situation (Jambon et al., 1998). Aussi, les avancées en termes de technologie donnent une bonne accessibilité à ce type de dispositif, car l'ordinateur est maintenant omniprésent dans les établissements d'enseignement (Jouffroy et al., 2016).

1.4.3 Les limites

Tout d'abord, l'une des principales limites du simulateur est son caractère réducteur, c'est-à-dire qu'il offre une vision réduite de la réalité (Samurçay et Rogalski, 1998). « Aucun modèle sur ordinateur n'est capable de prendre en compte toute la complexité de la réalité et la simulation conduit, par conséquent, à une vision simpliste du monde réel » (Hebenstreit, 1992, n. p.). Aussi, les simulateurs présentent parfois des problèmes de modélisation dans certaines situations ouvertes de travail impliquant des sujets en action, comme les actions de l'équipage dans le cas d'un simulateur de vol. Ce fait rend la pratique réelle nécessaire, car l'apprentissage ne peut être réalisé entièrement sur un simulateur (Jouffroy et al., 2016; Samurçay et Rogalski, 1998).

De plus, dans certains cas, le modèle présenté peut se confondre avec la réalité directement interprétée dans l'esprit de l'étudiante ou l'étudiant (Hebenstreit, 1992; Riopel, 2005) ou avoir l'effet pervers de donner l'impression à ces derniers qu'ils sont formés et compétents après seulement quelques heures d'entraînement sur un simulateur (Jambon et al., 1998). Un autre effet pervers sur l'apprentissage de l'étudiante ou l'étudiant est la médiation de l'action, qui leur permet d'agir physiquement, mais pas de la même manière que cela se produirait lors de l'expérimentation sur le phénomène réel. Ceci crée une appréciation erronée des difficultés de l'expérimentation réelle (Hebenstreit, 1992). En effet, parfois la manipulation d'instruments est une réalité, voire un défi, qui n'est pas reproduite à l'intérieur de la simulation, car elle est remplacée par l'activation

de commandes à l'écran. Ainsi, la simulation ne permet pas à l'étudiante ou à l'étudiant de comprendre l'ampleur que ces manipulations peuvent prendre dans le contexte réel.

Par ailleurs, une limite incontournable sur laquelle les auteurs s'entendent est la complexité à laquelle les conceptrices et les concepteurs doivent faire face lors du développement d'un simulateur pédagogique. Il est vrai que la réalisation du dispositif est souvent entravée par la capacité limitée de programmation informatique de l'enseignante ou de l'enseignant qui souhaite la mettre en place (Riopel, 2005). Cette dernière ou ce dernier devra alors faire appel à une équipe pluridisciplinaire, qui pourra inclure : des programmeuses ou programmeurs, des animatrices ou animateurs 3D, des graphistes, des électroniciennes ou électroniciens, des micro-mécaniciennes ou micro-mécaniciens, selon les visées du simulateur (Caens-Martin et al., 2004; Choplin et al., 2000; Jambon et al., 1998; Riopel, 2005). Assurément, le recours à une équipe provenant de différents domaines occasionne des défis de communication (Caens-Martin et al., 2004). Par ailleurs, il faut être conscient des difficultés de mise en œuvre sur le plan financier : tant en ce qui a trait aux ressources humaines impliquées qu'au temps de réalisation qui peut s'étirer sur plusieurs années (Caens-Martin et al., 2004; Choplin et al., 2000; Jambon et al., 1998; Jouffroy et al., 2016; Kaufman, 2010; Masseux et Michau, 1996; Power et Langlois, 2010; Riopel, 2005).

Une dernière limite est en lien avec la validité de ce type de dispositif, car il y a très peu d'études de terrain qui ont été menées sur ce sujet. Or, les créatrices et créateurs de simulateur ont souvent tendance à confondre réalisme et efficacité, ce qui peut entraîner un problème au niveau des effets pédagogiques réels obtenus à l'aide de celui-ci (Hebenstreit, 1992; Jouffroy et al., 2016;

Samurçay et Rogalski, 1998). Ainsi, il est bon de se rappeler qu'on « n'augmente pas l'utilité d'un modèle en le compliquant au-delà d'un certain point » (Hebenstreit, 1992, n. p.).

1.5 La conception d'un simulateur pédagogique

Les simulateurs pédagogiques devraient être pourvus de certaines qualités, entre autres : a) être facilement accessibles, b) pouvoir être utilisées avec un minimum d'encadrement et favoriser l'autonomie, c) permettre à l'étudiante ou l'étudiant de poser des actions lors de l'utilisation et d'obtenir une réponse immédiate et d) présenter des défis de difficulté contrôlée en lien avec les compétences à développer (Hebenstreit, 1992; Jambon et al., 1998; Larouche, 2013; Masseux et Michau, 1996, Samurçay et Rogalski, 1998).

Les auteurs ayant décrit la conception d'un simulateur pédagogique s'entendent sur le fait que c'est un processus en plusieurs étapes, qui demande du temps et une collaboration entre plusieurs disciplines (Caens-Martin et al., 2004; Choplin et al., 2000; Masseux et Michau, 1996; Riopel, 2005).

Choplin et al. (2000) qui, dans leur publication, décrivent en détail l'expérience de la réalisation d'un simulateur pédagogique portant sur un amplificateur audio, soulèvent quelques éléments-clés sur lesquels baser la conception d'un nouveau simulateur. Nous les avons organisés et nous les présentons dans le tableau 3. De plus, ils recommandent que la réalisation de simulateurs pédagogiques soit basée sur un processus de conception-développement mettant de l'avant l'interdisciplinarité, intégrant des moments de régulation et d'évaluation du dispositif et se déroulant selon des coûts et des délais raisonnables.

Tableau 3. Éléments-clés du processus de conception d'un simulateur pédagogique selon
Choplin et al. (2000)

Étapes	Description
1. Fixer le cadre pédagogique d'utilisation du simulateur	<ul style="list-style-type: none"> - Se pencher sur : a) le cursus visé, b) le contexte pédagogique d'utilisation, c) les objectifs pédagogiques et d) les difficultés de l'étudiante ou de l'étudiant. Ce qui permettra de cerner la nature et le degré de complexité du simulateur à développer.
2. Choisir des systèmes simples	<ul style="list-style-type: none"> - Permettre d'éviter, surtout dans le cadre d'une première expérience, un temps de conception trop important.
3. Organiser la réalisation	<ul style="list-style-type: none"> - Réunir autant que possible des compétences dans : a) le domaine enseigné, b) en informatique, c) en infographie, d) en scénarisation et e) en psychologie; - Confier la responsabilité de la conception et du développement à une équipe opérationnelle, ouverte et interdisciplinaire; - Établir dans le processus de conception-développement des moments de « collaboration-négociation-consensus » entre tous les acteurs. Centrés sur des points importants de la conception, ces moments doivent permettre de mettre en œuvre une réelle interdisciplinarité, et donc d'enrichir le simulateur. - Élaborer et mettre au cœur du processus de conception-développement, des outils (souvent papier) interdisciplinaires, tels que des schémas, des outils graphiques et des tableaux qui offrent, selon les besoins, une vision globale et synthétique ou locale et analytique.
4. Intégrer les avantages et les points positifs des simulateurs centrés sur l'activité de l'étudiante ou de l'étudiant et des simulateurs scientifiques	<ul style="list-style-type: none"> - Valoriser l'idée des missions (rôle et temps spécifique) pour favoriser la motivation et le questionnement chez les élèves. - Porter une attention particulière à l'ergonomie de l'écran-clef. - Analyser rigoureusement le système ou le contenu lié au simulateur. - Découper efficacement le système étudié pour permettre l'opérationnalisation informatique du simulateur.
5. Mettre en place des évaluations formatives courtes et ciblées auprès des étudiantes et étudiants	<ul style="list-style-type: none"> - Évaluer en cours de réalisation pourrait conduire à tester et à améliorer le simulateur d'un point de vue graphique, affectif et/ou ergonomique.

De ces éléments-clés nous retenons la nécessité de fixer le cadre pédagogique au préalable et l'utilité de concevoir un outil simple lors d'une première expérience comme la nôtre. Comme nous convenons qu'il sera sans doute nécessaire de faire appel à une équipe interdisciplinaire, nous gardons en tête la suggestion de se doter d'outils de communication favorisant la conception et le développement d'un simulateur dans une telle équipe. De plus, nous admettons qu'une analyse rigoureuse du système à représenter et une validation du prototype et des différents écrans seront nécessaires. Pour parvenir à répondre à l'ensemble de ces éléments, nous prévoyons appuyer la conception de notre simulateur pédagogique sur une démarche de développement rigoureuse et éprouvée.

Par contre, avant toute chose, il conviendra de s'attarder au concept de modélisation fréquemment énoncé dans la théorie des simulations et des simulateurs pédagogiques afin de mieux comprendre les tenants et aboutissants de ce dernier et la place attribuable à celui-ci dans le cadre de la conception de notre simulateur.

2. LA MODÉLISATION

À l'origine de toute démarche de modélisation se trouve un problème de représentation des connaissances (Paquette, 2002). Ainsi, la modélisation se veut un outil de compréhension du monde qui permet de construire des modèles de la réalité (Forget, 2016; Paquette, 2002). Il va sans dire que cette représentation de la réalité n'est pas chose simple. En effet, bon nombre d'auteurs (Franc, 2013; Legay, 1990; Lemire, 2008; Le Moigne, 1977, 1987; Sensevy et Santini, 2006) relèvent le lien étroit qui existe entre la modélisation et la complexité. Donc, « c'est à penser la complexité que la modélisation nous convie » (Parrochia, 1990, p. 229). Dès lors, partant du

principe que les objets auxquels l'on s'intéresse sont complexes et que leur étude appartient souvent à plusieurs domaines de connaissances, la recherche d'une solution aux problèmes de représentation de tels objets nécessitera « une instrumentation de même niveau de complexité » (Legay, 1990, p. 236). Pour développer un outil répondant efficacement à ce problème de représentation et respectant les besoins du public cible, il est tout d'abord nécessaire de nous intéresser aux notions de base reliées à la modélisation, soient les notions de système et de modèle. Ensuite, nous verrons de quelle façon la modélisation s'inscrit dans le domaine de la connaissance et de l'apprentissage. Enfin, nous explorerons les limites de celle-ci, mais avant toute chose, nous définirons le paradigme systémique auquel nombre d'auteurs (Forget, 2016; Gire, 1990; Le Moigne, 1977, 1987; Lemire, 2008) associent la modélisation.

2.1 Le paradigme systémique

Selon le Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL) (2012), un paradigme est une « conception théorique dominante ayant cours à une certaine époque dans une communauté scientifique donnée, qui fonde les types d'explication envisageables, et les types de faits à découvrir dans une science donnée » (n. p.). Bref, c'est une façon d'entrevoir le monde partagée par une communauté scientifique.

Apparu au milieu du XX^e siècle (Le Moigne, 1987) le paradigme systémique a été élaboré en opposition au paradigme cartésien : pendant du Discours de la méthode de Descartes et longtemps le seul à orienter la recherche scientifique en tentant d'expliquer chaque phénomène par une relation de cause à effet (Lemire, 2008; Le Moigne, 1977, 1987). L'approche systémique

conduit à penser le monde dans sa globalité plutôt que de tenter de le réduire à sa plus simple expression.

Quatre principes régissent le paradigme systémique, soient : a) la pertinence, b) le globalisme ou interactionnisme, c) la finalisation ou téléologie et d) l'agrégativité ou ouverture⁶ (Lemire, 2008; Le Moigne, 1977). Ainsi, selon ces mêmes auteurs, la *pertinence* permet de définir les objets par rapport aux intentions du modélisateur et d'accepter que notre perception de ceux-ci puisse se modifier. Le *globalisme*, pour sa part, permet de voir l'objet considéré comme partie intégrante d'un tout plus grand, qui entretient une relation fonctionnelle avec son environnement. Le principe de *finalisation* consiste à interpréter l'objet par le comportement qu'on lui attribue, à considérer que celui-ci a un projet qui se déroule dans le temps. En dernier lieu, le principe *d'agrégativité* permet d'admettre que toute représentation faite par un modélisateur est délibérément simplificatrice et découle d'une sélection d'agréats tenus pour pertinents, plutôt que d'un recensement exhaustif d'éléments, menant à une objectivité illusoire, comme le suggérait le principe d'exhaustivité du cartésianisme.

Bref, ces quatre principes révèlent la pensée globale et synthétique attachée à ce paradigme et amènent à prendre en compte les interactions entre les éléments d'un phénomène, plutôt que de tenter de les compartimenter. Maintenant que nous avons expliqué les assises du paradigme systémique, nous nous appliquerons à définir ce qu'est un système.

⁶ En opposition aux quatre principes du paradigme cartésien qui sont a) l'évidence, b) le réductionnisme, c) le déterminisme et d) l'exhaustivité (Lemire, 2008, Le Moigne, 1977).

2.2 La notion de système

La notion de système, dans le sens qui lui est donné en modélisation, découle de la théorie du système général, aussi appelée théorie de la modélisation, introduite par Le Moigne en 1977 et largement inspirée des travaux de von Bertalanffy (1968). La théorie du système général, bien qu'étroitement liée au paradigme systémique, ne doit pas être confondue avec ce dernier.

Cette théorie présente le système général comme un objet artificiel : « les systèmes [...] ne sont pas dans la nature, mais seulement dans l'esprit des hommes » (Bernard, 1865 cité dans Le Moigne, 1977, p. 47). « Dans cette perspective, un système n'est pas considéré comme un objet réel, mais comme un outil intellectuel appelé Système général, au moyen duquel on observe les phénomènes et on les modélise » (Forget, 2016, p. 140). Selon Le Moigne (1977), le système général est « un objet qui, doté de finalités, fonctionne, se structure et évolue dans un environnement » (p. 52). Cette définition s'établit en fonction des cinq concepts clés du système général, qui sont :

1. Les finalités : le but de l'objet;
2. L'environnement : l'espace physique dans lequel l'objet se trouve;
3. La structure : l'agencement des parties internes de l'objet;
4. Les fonctions : ce que l'objet fait;
5. L'évolution : la façon dont l'objet se comporte dans le temps (Forget, 2016; Le Moigne, 1977).

Il est donc possible d'entrevoir toute chose ou tout être, voire tout objet d'apprentissage, comme un système et de tenir compte de ces cinq concepts pour les définir. Par ailleurs, le système

général est complexe et est constitué d'un ensemble d'éléments en interaction dynamique; il est donc difficilement réductible à la somme de ses parties (Legay, 1990; Lemire, 2008). Il est utile pour représenter les réalités ou phénomènes complexes que l'on veut connaître, ainsi « chaque personne meuble sa conscience de mondes représentés érigés en systèmes et modélisés » (Lemire, 2008, p. 34). Bien qu'un système ne puisse pas être réduit à la somme de ses éléments constitutifs, car la dynamique et les interactions entre ceux-ci constituent l'essence même du concept de système, il est possible qu'un système soit composé de plusieurs sous-systèmes.

2.2.1 Les sous-systèmes

Il faut voir les sous-systèmes comme « une association de composants destinés à remplir une ou plusieurs fonctions opérationnelles au sein d'un système » (Lemire, 2008, p. 113). Ainsi, chaque système peut être entrevu comme l'activité intégrée de trois sous-systèmes qui sont : a) le système d'information (SI), b) le système de pilotage (SP) et c) le système opérant (SO) (Forget, 2016; Lemire, 2008; Le Moigne, 1977), eux-mêmes élaborés par le modélisateur, que l'on nomme parfois système de représentation ou système observant. Ces trois sous-systèmes serviront respectivement à déterminer ce que le monde à construire est, ce qu'il fait et ce qu'il devient. Lemire (2008) et Le Moigne (1977) avancent que ces sous-systèmes peuvent à leur tour être subdivisés en d'autres sous-systèmes. La seule chose à retenir est que « toute fragmentation fait perdre de ses propriétés au système » (Lemire, 2008, p. 34). Il faudra donc être en mesure de saisir le système dans sa globalité pour comprendre les propriétés absentes du sous-système.

2.2.2 *Le système de représentation*

Le rôle du système de représentation est la conception des modèles en adéquation avec le segment du monde réel observé (Lemire, 2008). Dans la théorie du système général, Lemire (2008) et Le Moigne (1977) nous amènent à percevoir l'observateur de l'objet, le modélisateur, comme étant lui aussi un système doté de finalités et pouvant être représenté à son tour par un modèle. « Un tel Système de Représentation se conçoit et donc se construit, se modifie, se perfectionne » (Le Moigne, 1977, p. 56).

Bref, il faut comprendre que « la représentation d'un phénomène modélisé comme et par un système est nécessairement dépendante du système observant qui l'établit. La compréhension du système observé (la complexité) est de la même nature que celle du système observant (l'intelligence) » (Morin et Le Moigne, 1999, p. 291). Ainsi, la représentation ne sera jamais en tout point identique au monde réel, trop vaste, mais aura toujours fait l'objet d'une médiation par l'observateur afin de créer cette chose appelée modèle.

2.3 **La notion de modèle**

La notion de modèle est une notion complexe, à laquelle il est possible d'attribuer une multitude de sens (Forget, 2016; Gire, 1990; Le Moigne, 1987; Parrochia 1990). Toutefois, la ligne directrice attachée à la notion de modèle est que ce dernier est un outil de représentation et de médiation, qui met en contact le concret de l'expérience avec l'abstrait de la théorie : le réel et la connaissance (Forget, 2016; Gire, 1990; Le Moigne, 1987; Parrochia, 1990; Riopel, 2005; Sensevy et Santini, 2006; Varenne, 2013). Les modèles « permettent de rendre plus facile l'application de

théories souvent trop éloignées de la réalité pour être utilisées telles quelles et de comprendre certains phénomènes trop complexes pour être appréhendés directement dans leur intégralité » (Forget, 2016, p. 129).

Un modèle, c'est donc un objet médiateur qui a pour fonction de faciliter une opération cognitive dans le cadre d'un questionnement orienté, opération cognitive qui peut être de cognition pratique (manipulation, savoir-faire, apprentissage de geste, de techniques de conduites, etc.) ou théorique (récolte de données, formulation d'hypothèse, hypothèse de mécanismes théoriques, etc.). (Varenne, 2013, p. 13-14)

De plus, Paquette (2002) souligne que les modèles sont utiles pour comprendre la totalité du système que nous voulons construire. Varenne (2013) précise cette pensée et exprime que « dans l'acte d'utiliser un modèle ou une simulation scientifique, il s'agit toujours de manipuler, de modifier ou de construire un objet, vivant ou non, matériel ou formel, en vue de répondre à un certain nombre de questions relevant d'une enquête de connaissance » (p. 11). Rappelons que le concept de simulation a été préalablement défini comme la production d'un modèle dynamique.

Les modèles ont également pour particularité d'être intrinsèquement contextuels. Ils sont étroitement liés aux objectifs ayant mené à leur construction et aux besoins des futurs usagers et utilisateurs (Legay, 1990; Le Moigne, 1987; Paquette, 2002; Sensevy et Santini). À ce sujet, Legay (1990) souligne « qu'on ne construit pas d'outil dont on ne saurait à quoi il pourrait servir » (p. 237). Par ailleurs, bien que le choix de l'objectif doive être préalable à la construction du modèle, il se trouve qu'au final, celui-ci peut « générer des questions nouvelles et de le faire de

façon cohérente, c'est-à-dire à l'intérieur d'un système » (Legay, 1990, p. 237). Le Moigne (1987) abonde dans ce sens et exprime que, « dans tout modèle, il y a à la fois plus et moins que ce que le modélisateur initial a voulu y mettre » (p. 11). Ainsi, l'utilisateur et la façon dont il utilise le modèle peuvent avoir leur rôle à jouer dans la fonction finale attribuable au modèle.

Dans cet ordre d'idée, nous avons relevé plusieurs courants de pensée et plusieurs classifications en ce qui a trait aux fonctions et aux types de modèles, ils seront présentés dans la section suivante.

2.3.1 *Les fonctions et types de modèles*

Pour Gire (1990), un modèle peut être un outil : a) de réalisation, b) d'imagination, c) d'intelligibilité ou d) de conscientisation. Lorsqu'il est un outil *de réalisation*, celui-ci contribue à l'expérience réelle, à la sphère expérimentale. Il peut être de type maquette, simulation, praxis ou art constructif. Lorsqu'il est un outil *d'imagination*, le modèle aide à la sphère imaginaire et peut prendre la forme d'image, d'idée, de symbole. Lorsqu'il devient outil *d'intelligibilité*, le modèle supporte la sphère de l'intelligence conceptuelle et rationnelle et se décline comme des mots, des concepts, des formules, des théories. Enfin, lorsqu'il est outil *de conscientisation*, il participe à la sphère spirituelle et peut être une méditation, un maître, une discipline.

Pour Lemire (2008), les types et fonctions des modèles ont un lien avec les trois principaux sous-systèmes, expliqués plus haut. Ainsi, le modèle *structural* est la représentation du système d'information, soit « la représentation construite par le modélisateur des connaissances d'un monde spécifique » (p. 75). Le modèle *fonctionnel*, pour sa part, est en lien avec le système de

pilotage, c'est la représentation des actions ou opérations qui se produisent entre les éléments du modèle structural. Le modèle *dynamique*, découlant du système opérant, fait, quant à lui, la description du devenir du monde de connaissances : il prend en charge les scénarios, les événements et les interfaces.

Le Moigne (1987) souligne, pour sa part, le fait que nous pouvons choisir de construire et de légitimer nos modèles comme des outils de compréhension, comme des instruments d'intelligibilité ou comme des représentations opératoires qui servent à faire.

Finalement, nous nous sommes intéressée aux travaux de Varenne (2013), également repris par Forget (2016), qui déclinent une vaste classification des fonctions spécifiques des modèles élaborés en regard des fonctions de médiation assurées par ceux-ci. La classification se décline en cinq grandes catégories et en vingt sous-catégories. Nous les présentons dans le tableau 4⁷.

En se référant à cette classification, il nous est apparu évident que le modèle dynamique que sera notre simulateur aura pour fonction principale de faciliter une formulation intelligible des variables reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes et favorisera ainsi l'apprentissage de ces concepts.

⁷ Pour plus d'informations sur les fonctions spécifiques, consultez Varenne (2013, p. 14-23).

Tableau 4. Fonctions spécifiques des modèles selon Varenne (2013)

Catégorie principale	Catégorie secondaire
Faciliter une expérience	1. Rendre accessibles à la sensibilité les propriétés du système cible qui ne sont pas, ou plus, ou pas encore accessibles par les sens.
	2. Faciliter l'expérimentation en la déplaçant sur un objet substitutif.
	3. Faciliter la mémorisation de ce qui l'est difficilement.
	4. Faciliter l'accès aux données en servant d'instrument de présentation condensée de l'information contenue dans le système cible (outil de résumé, grille de lecture abrégative).
Faciliter une formulation intelligible	5. Faciliter la compression de données pour l'élaboration d'un modèle de données.
	6. Faciliter la sélection des types d'entités, des types de propriétés, des types d'états ou des types de processus du système cible jugés pertinents pour l'enquête scientifique sur le système cible.
	7. Faciliter la reproduction par des moyens intelligibles, déductifs ou de calcul des structures de données observables, mesurables ou détectables de certains phénomènes affectant le système cible.
	8. Faciliter une explication en facilitant l'explicitation intelligible d'un mécanisme supposé à l'œuvre dans le système cible en explicitant les interactions causales supposées au moyen de représentations symboliques (ou imagées) des éléments entrant en interaction causale ainsi que des processus d'interaction eux-mêmes.
	9. Faciliter la compréhension d'un phénomène affectant le système cible en facilitant l'intellection [...] d'un principe général supposé contraindre les états ou les variables de ce système, ainsi que sa dynamique, en indiquant une loi formelle abrégative ou synthétique portant sur des variables agrégées du système ou des états globaux (ou macroscopiques) plutôt que sur des éléments supposer le composer.
Faciliter une théorisation	10. Faciliter la première formulation d'une théorie.
	11. Faciliter l'interprétation d'une théorie.
	12. Faciliter l'illustration d'une théorie.
	13. Faciliter le test de la cohérence interne d'une théorie.
	14. Faciliter l'applicabilité de la théorie.
Faciliter la communication et la coconstruction des savoirs	15. Faciliter l'hybridation de plusieurs théories.
	16. Faciliter la communication entre acteurs scientifiques.
	17. Faciliter la délibération et la concertation entre parties prenantes travaillant autour d'un même modèle, mais n'ayant pas la même question de connaissance à poser au système cible.
Faciliter la décision et l'action	18. Faciliter la délibération et la concertation entre parties prenantes travaillant autour d'un même modèle, mais n'ayant pas la même question de connaissance à poser au système cible.
	19. Faciliter l'intervention sur un système en facilitant la détermination d'une décision ou action collective.
	20. Faciliter une décision économique individuelle ou à intérêt privé.

Note. Les éléments présentés dans ce tableau proviennent de Varenne, 2013, p. 14-23

2.4 La modélisation et l'apprentissage

La théorie de la modélisation est depuis toujours établie dans le domaine des mathématiques et des sciences appliquées, comme la physique et la biologie, le concept étant lui-même issu de ces domaines (Forget, 2016; Jacot, 1990, Parrochia, 1990; Riopel, 2005; Sensevy et Santini, 2006; Varenne et Silberstein, 2013). Or, bien que la théorie de la modélisation découle de la physique et d'autres champs des sciences appliquées, elle a depuis élargi son champ d'action pour entrer dans des domaines de sciences humaines (Forget, 2016; Jacot, 1990; Le Moigne, 1977; Paquette, 2002). « Ainsi, la modélisation est devenue un outil essentiel de compréhension, de prédiction ou d'intervention pour des enjeux sociaux majeurs comme le changement climatique, le trafic automobile, la pollution industrielle, l'aménagement urbain, l'économie mondiale, la déforestation, les marchés financiers, etc. » (Forget, 2016, p. 154-155). Bien entendu, les sphères de l'apprentissage et de la connaissance ne font pas exception à cette réalité.

En effet, on souligne fréquemment l'apport de la modélisation au processus d'apprentissage. Pour Lemire (2008), les personnes participant à un projet d'apprentissage, soit les apprenantes et apprenants ainsi que l'enseignante ou l'enseignant, construisent des représentations des connaissances qui les habitent et, ensuite, entreprennent l'aménagement de modèles conformes aux réalités du domaine de référence. L'auteur exprime à plus d'une reprise l'importance de se doter d'un cadre de référence et d'un cadre méthodologique en lien avec les savoirs savants du domaine quand on entreprend une démarche de modélisation des connaissances. Sensevy et Santini (2006) abondent en ce sens en soulevant l'importance de la didactique et du choix des situations problèmes qui, à leur tour, impliqueront les processus de modélisation pris en charge par les

apprenantes et apprenants. Ceci leur permettra d'établir des liens entre « le monde des objets et évènements et le monde de la théorie et des modèles » (Sansevy et Santini, 2006, p. 182).

Paquette (2002), dans son ouvrage, explique la modélisation des connaissances et des compétences. Ce dernier définit les théories comme des systèmes de connaissances qui établissent des liens entre les concepts d'un domaine par le biais de lois ou de théorèmes. Il soulève l'importance de se représenter les connaissances pour être en mesure de traiter et d'acquérir des connaissances et des compétences et de concevoir des environnements d'apprentissage. Pour lui, « l'apprentissage par un individu consiste à transformer des informations en connaissances » (p. 3) et la modélisation est un outil essentiel pour passer de la gestion de l'information à celle de la connaissance. Par ailleurs, il définit le lien entre la représentation des connaissances et l'apprentissage comme suit:

l'apprentissage est un processus par lequel on passe d'une forme de représentation des connaissances à une autre forme plus évoluée. L'apprentissage est le processus, alors que la représentation des connaissances est le point de départ et le résultat.
(Paquette, 2002, p. 34)

La modélisation des connaissances aide l'apprenante ou l'apprenant à construire des stratégies d'apprentissage, qui sont des habiletés généralisables, applicables à différents domaines et utilisées pour acquérir des connaissances (Paquette, 2002). Dans cet ordre d'idées, Le Moigne (1977) souligne que connaître implique d'agir sur le réel et de le transformer, en l'assimilant à un schéma, plutôt que de le copier. Archambault (2000) parle de la modélisation comme un niveau

d'intégration des connaissances. Pour lui « la personne qui apprend quelque chose s'en fait une représentation afin de pouvoir agir sur elle, ou, avec elle, dans l'environnement » (p. 8).

D'autre part, Paquette (2002) fait ressortir l'importance de la modélisation dans l'ingénierie pédagogique. Pour lui, elle favorise la construction « des modèles d'un système d'apprentissage qui [tient] compte des types de connaissances et de liens dans le domaine à traiter, ainsi que des interactions entre les acteurs de l'apprentissage » (p. 43). Il est vrai que « pour échanger, transmettre ou traiter des connaissances, il est nécessaire de pouvoir les représenter sur un support extérieur à notre cerveau, sous une forme transmissible ou traitable » (Paquette, 2002, p. 12).

En résumé, les auteurs s'entendent pour dire que la modélisation est partie prenante des théories constructivistes de l'apprentissage et que les apprenantes et apprenants tout autant que l'enseignante ou l'enseignant ont un rôle actif à jouer dans ce processus de modélisation qui favorisera l'intégration des connaissances (Archambault, 2000; Lemire, 2008; Paquette 2002; Sansevy et Santini, 2006).

2.5 Les limites de la modélisation

Selon Le Moigne (1987) et Parrochia (1990), le fait qu'un modèle ne soit pas neutre peut représenter une limite de la modélisation. En effet, la création d'un modèle nécessite un découpage de la réalité accompli par la modélisatrice ou le modélisateur, ce qui implique une simplification de la réalité. Ainsi, « le bon usage de son modèle requiert la reconnaissance préalable de son ambiguïté nécessaire » (Le Moigne, 1987, p. 12). À défaut de la reconnaissance de cette ambiguïté par l'utilisatrice ou l'utilisateur et de l'explication du caractère construit de la représentation par

la modélisatrice ou le modélisateur, le modèle peut, dans certains cas, devenir source de confusion (Parrochia, 1990; Riopel, 2005). Il est donc normal qu'un modèle donne lieu à une interprétation (Paquette, 2002). Par contre, cela devient une limite dans la mesure où l'utilisateur, souvent l'apprenante ou l'apprenant, confond la réalité avec le modèle (Riopel, 2005). Enfin, Legay (1990) résume l'idée de cette manière : « c'est parce qu'un modèle est un instrument qu'il n'est pas la preuve de quoi que ce soit » (p. 237). En gardant cette idée en tête et en l'expliquant bien aux étudiantes et étudiants, il sera alors possible de contourner les limites de la modélisation dans la conception de notre simulateur pédagogique.

En somme, nous avons établi qu'un simulateur est un modèle dynamique, qu'un modèle sert à la représentation d'un système, que la modélisation favorise l'intégration des connaissances liées à ce système et que la construction d'un modèle est réalisée au sein d'une communauté scientifique particulière qui partage un même paradigme (Forget, 2016). Partant de ce fait, nous expliquerons dans la prochaine section le système que nous voulons représenter par le biais de notre simulateur afin de favoriser l'apprentissage des étudiantes et étudiants en denturologie.

3. L'APPRENTISSAGE DES VARIABLES MÉCANIQUES RELIÉES AU MONTAGE ÉQUILIBRÉ EN PROTHÈSES DENTAIRES COMPLÈTES

Cette section vise à mettre en lumière la façon dont s'articule l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Dans un premier temps, nous définirons le concept d'apprentissage. Par la suite, nous expliquerons ce qu'est le montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Finalement, nous exposerons les variables mécaniques reliées au montage équilibré de ce type de prothèses.

3.1 L'apprentissage

L'apprentissage se définit par « l'acquisition d'un répertoire de connaissances et de stratégies cognitives et métacognitives » (Tardif, 1992, p. 25). Pour Legendre (2005), l'apprentissage est un « acte de perception, d'interaction et d'intégration d'un objet par un sujet » (p. 88). Ce dernier parle également d'« acquisition de connaissances et développement d'habiletés, d'attitudes et de valeurs qui s'ajoutent à la structure cognitive d'une personne » (Legendre, 2005, p. 88). Le principal élément qu'il faut comprendre ici est que l'apprentissage consiste en une action, un processus, réalisée par une apprenante ou un apprenant sur un objet de connaissance.

Les apports de la psychologie cognitive dans la compréhension des processus cognitifs et de l'acte d'apprentissage sont considérables. En effet, cette dernière reconnaît que l'apprentissage est un processus actif et constructif qui s'établit entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures, déjà intégrées à la structure cognitive de l'apprenante ou de l'apprenant (Jones, Palincsar, Ogle et Carr, 1987; Tardif, 1992). De plus, cette dernière établit que l'acte d'apprendre requiert une organisation constante de connaissances (Deshaies, 1996; Jones et al., 1987; Tardif, 1992). Force est d'admettre que la psychologie cognitive constitue la base des théories, de la connaissance et de l'apprentissage, ayant formé les grands courants reconnus en éducation, que sont : le cognitivisme et le constructivisme (Deshaies, 1996; Legendre, 2005). En effet, « la construction graduelle de la connaissance, du savoir est une caractéristique fondamentale que la psychologie cognitive attribue [...] à tout apprenant » (Tardif, 1992, p. 28).

3.1.1 Les types de connaissances

Par ailleurs, la psychologie cognitive introduit les trois types de connaissances qui sont : les connaissances déclaratives, les connaissances procédurales et les connaissances conditionnelles (Jones et al., 1987; Tardif, 1992). Ainsi, les connaissances déclaratives correspondent aux connaissances théoriques découlant de faits, de règles, de principes, tandis que les connaissances procédurales sont des connaissances dynamiques, qui permettent de réaliser une action (Jones et al., 1987; Tardif, 1992). Pour leur part, les connaissances conditionnelles prennent naissance dans les conditions de l'action, c'est-à-dire, qu'elles permettent de déterminer quand et pourquoi réaliser une action ou engager une stratégie cognitive (Jones et al., 1987; Tardif, 1992).

Dans un autre ordre d'idées, les connaissances peuvent également être spécifiques ou générales. On parlera de connaissances spécifiques lorsque ces dernières sont attribuables à un domaine de connaissance en particulier. Tandis que les connaissances générales transcendent le domaine disciplinaire et peuvent être utilisées par l'apprenante et l'apprenant dans une foule de situations (Jones et al., 1987; Tardif, 1992) comme les stratégies de résolutions de problèmes, par exemple. La psychologie cognitive révèle le lien étroit qui existe entre ces deux catégories de connaissances et suggère de développer, lorsque le contexte le permet, les connaissances générales à partir des connaissances spécifiques que l'apprenante ou l'apprenant doit acquérir (Jones et al., 1987; Tardif, 1992).

Il existe également un autre de type de classification des connaissances qui porte sur la capacité de l'apprenante ou de l'apprenant à expliquer ou non une connaissance qu'il ou elle est capable de mettre en pratique. Cette catégorisation peut alors être entrevue comme une sous-

catégorie des connaissances procédurales et conditionnelles (Tardif, 1992), car ce sont ces dernières qui mènent à une action dans un contexte pratique. Lorsque la personne est en mesure d'expliquer les raisons l'ayant menée à poser une certaine action de façon fonctionnelle, il sera alors question de connaissances explicites. En contrepartie, lorsque cette même personne est apte à poser une action fonctionnelle, mais ne sait pas comment en expliquer les tenants et aboutissants, il s'agit plutôt de connaissances implicites (Johnson-Laird, 1983; Tardif, 1992).

3.1.2 La représentation des connaissances

Il est primordial de comprendre que « dans la mémoire à long terme de la personne, les connaissances déclaratives, conditionnelles et procédurales ne sont pas dissociées les unes des autres » (Tardif, 1992, p. 201). Elles sont plutôt reliées les unes aux autres dans des structures évolutives, englobantes et organisées de façon hiérarchisée, que l'on nomme schémas (Deshaies, 1996; Tardif, 1992) ou parfois modèles mentaux (Johnson-Laird, 1983). Ces schémas, que chacun crée dans sa tête, servent à rendre le système cognitif signifiant et fonctionnel, entre autres en permettant de déjouer les limites de la mémoire de travail (Tardif, 1992). En effet, la mémoire de travail a une capacité limitée de plus ou moins sept unités de traitement (Jones et al., 1987; Tardif, 1992), par contre, la grandeur de ces unités n'est pas limitée. Ainsi, en permettant à la mémoire de travail d'utiliser des schémas de connaissances organisées, plutôt que des connaissances séparées, la capacité de traitement et, par le fait même, l'apprentissage s'en trouvent favorisés. Ainsi, plus les connaissances sont organisées efficacement dans ces schémas et plus facilement elles seront utilisables, donc, plus elles seront fonctionnelles. C'est d'ailleurs ce niveau d'organisation qui différencie les experts et les novices quant à l'utilisation d'une même connaissance (Jones et al.,

1987; Tardif, 1992). De plus, ces schémas servent de structure d'accueil aux nouvelles connaissances que l'apprenante ou l'apprenant tente d'acquérir face à un domaine particulier. Parallèlement, il a été démontré que les représentations imagées sont particulièrement utiles et bénéfiques dans l'apprentissage et le traitement des informations visuelles et spatiales, car elles viennent améliorer le traitement linguistique de ces informations (Jones et al., 1987; Tardif, 1992).

Bref, en se référant à la psychologie cognitive, « un apprentissage signifiant est nécessairement lié à la représentation et à l'organisation des connaissances en mémoire » (Tardif, 1992, p. 41). À cette fin, il est fondamental de préciser de quelle façon l'enseignante ou l'enseignant sera à même d'agir sur cette organisation dans l'enseignement des connaissances du domaine visé.

3.1.3 Le processus type d'apprentissage

Dans le but d'aider les enseignantes et enseignants à répondre aux nouveaux préceptes dictés par l'implantation de l'approche par compétence au niveau collégial, Deshaies (1996) et son équipe ont produit un document favorisant la planification d'un cours centré sur le développement d'une compétence. Basés sur la psychologie cognitive et son courant de pensée dérivé, le cognitivisme, leurs travaux ont permis de proposer un processus type d'apprentissage qui tient « compte de la manière dont les élèves acquièrent l'information » (Deshaies, 1996, p. 139) dans la planification d'une séquence d'enseignement.

Ainsi, partant du fait que les nouvelles connaissances doivent s'intégrer à la structure cognitive de l'apprenante ou de l'apprenant, il sera essentiel de procéder à l'activation des

connaissances (Deshaies, 1996; Jones et al., 1987) pour lui indiquer à quel schéma cognitif il ou elle devra faire appel. Par la suite, il sera nécessaire de lui proposer une activité d'apprentissage qui permettra l'élaboration, soit de faire des liens, justes ou erronés, entre la nouvelle connaissance et ce qu'il ou elle connaît sur le sujet à l'étude (Deshaies, 1996). Grâce aux activités suggérées par l'enseignante ou l'enseignant, l'apprenante ou l'apprenant devra ensuite organiser, la nouvelle information, en établissant des liens pertinents avec son schéma cognitif de référence (Deshaies, 1996). Cette étape pourrait également lui permettre de réorganiser une ou plusieurs parties de son schéma initial pour que le tout fasse plus de sens (Jones et al., 1987) et pour favoriser l'économie de temps dans le futur (Tardif, 1992). Ces trois premières étapes du processus, lorsqu'elles sont bien accomplies, permettent d'éviter les apprentissages superficiels (Deshaies, 1996).

Une fois ses connaissances structurées, l'apprenante ou l'apprenant devra les appliquer dans une situation simple et, ensuite, étendre l'application, à différentes situations contextualisées, de plus en plus automatique par le processus de procéduralisation (Deshaies, 1996; Jones et al., 1987). Finalement, l'apprenante ou l'apprenant sera en mesure d'intégrer cet apprentissage pour pouvoir le réinvestir dans des situations ou des contextes plus complexes (Deshaies, 1996; Jones et al., 1987). Le tableau 5 résume les étapes du processus type d'apprentissage.

Tableau 5. Étapes du processus type d'apprentissage

Étape	Définition
Activation	Éveil des acquis cognitifs et affectifs de l'étudiante ou de l'étudiant en fonction de la compétence ou des connaissances à développer.
Élaboration	Création de liens, justes ou erronés, entre ce que l'étudiante ou l'étudiant connaît et ce qu'il ou elle apprend ou cherche à comprendre comme phénomène.
Organisation	Structuration claire et juste des connaissances chez l'étudiante ou l'étudiant.
Application	Utilisation par l'étudiante ou l'étudiant, avec de l'aide et des supports décroissants, des connaissances conceptuelles et procédurales acquises à la phase d'organisation.
Procéduralisation	Utilisation des acquis structurés dans des situations de plus en plus complexes afin de développer la capacité d'agir rapidement tout en demeurant efficace. Cette phase vise à rendre de plus en plus automatique la mise en œuvre des étapes nécessaires à la résolution des problèmes.
Intégration	Mise en œuvre des acquis reliés au développement de la compétence de façon de plus en plus autonome. L'intégration des apprentissages nouveaux à la structure de connaissances de l'étudiante ou de l'étudiant et à sa façon d'aborder les situations à l'aide de cette nouvelle structure constitue la visée finale de l'apprentissage.

Note. Adaptation de Deshaies, 1996, p. 119-121

Il est à noter que la séquence d'apprentissage n'est pas nécessairement linéaire. Tel que le mentionne Deshaies (1996), « cette démarche de planification de la séquence des apprentissages ne doit pas se subordonner de façon linéaire au processus type d'apprentissage; l'important est de s'assurer que, dans la démarche globale, toutes les étapes auront été couvertes » (p. 118). Ainsi, il est possible que certaines étapes soient répétées dans la séquence ou que plusieurs séquences mènent à l'étape finale d'intégration, selon la planification que l'enseignante ou l'enseignant juge la plus appropriée pour l'apprentissage d'une connaissance en particulier.

Dans les prochains paragraphes, nous présenterons les différentes connaissances du domaine de la denturologie qui touchent au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.

3.2 Le montage équilibré en prothèses dentaires complètes

Cette section a pour but de définir le montage équilibré en prothèses dentaires complètes et d'expliquer en quoi il peut se définir comme un système. Dans un premier temps, nous décrirons les différents types de prothèses dentaires et les différents mouvements de la mandibule. Par la suite, nous expliquerons ce que sont les articulateurs. Puis, nous exposerons l'importance du montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Enfin, nous présenterons les considérations d'ordre mécanique en denturologie.

3.2.1 Les types de prothèses dentaires

Tout d'abord, il faut savoir que la qualité des prothèses dentaires peut varier en fonction de la nature et de la résistance à l'usure des matériaux utilisés, mais aussi en fonction de la réalisation des étapes de fabrication et des instruments employés durant celles-ci.

Le rôle même de la prothèse dentaire étant de remplacer une, plusieurs ou toutes les dents naturelles, cela implique une reproduction de la cavité buccale de la patiente ou du patient. Ainsi, la reproduction des dents restantes et des gencives s'opère, lors des deux premières séances cliniques (voir figure 1), par une double prise d'empreintes. La seconde empreinte permet une meilleure définition des surfaces d'appui, car elle est réalisée à l'aide d'un moule conçu, par la ou le denturologiste, spécifiquement pour la patiente ou le patient (Lejoyeux, 1979; Pompignoli, Raux et Doukhan, 2017).

Toutefois, la prise d'une empreinte finale impeccable, bien que très importante, n'est pas garante du succès d'un traitement prothétique. En effet, l'une des données prédominantes de la

cavité buccale à reproduire est la relation qui existe entre l'arcade dentaire supérieure et l'arcade dentaire inférieure, qu'elle soit dentée ou non (Lejoyeux, 1976). Il va sans dire que la reproduction de cette relation est d'autant plus difficile lorsque la patiente ou le patient n'a plus de dent, car le mouvement de la mâchoire inférieure, qui peut se faire dans les trois dimensions, est grandement guidé par les ligaments entourant les dents naturelles (Lejoyeux, 1976). Fait à souligner, la mâchoire inférieure, aussi appelée mandibule, se déplace dans les trois dimensions grâce à la présence, à ses extrémités, de deux articulations nommées articulations temporo-mandibulaires (ATM). L'opération de reproduction de la relation interarcade, appelée enregistrement d'occlusion, se fait au troisième rendez-vous clinique. Aussi, c'est lors de cette étape que la précision de la prothèse sera déterminée, par la prise de mesures additionnelles, plus ou moins poussée, et l'utilisation subséquente d'un appareillage adapté (Lejoyeux, 1976; Pompignoli et al., 2017).

À cet égard, il existe deux systèmes de classification des types de prothèses dentaires amovibles. Le premier, qui tient compte de la présence de dents naturelles ou non, distinguera les prothèses partielles, des prothèses complètes, communément appelées dentier.

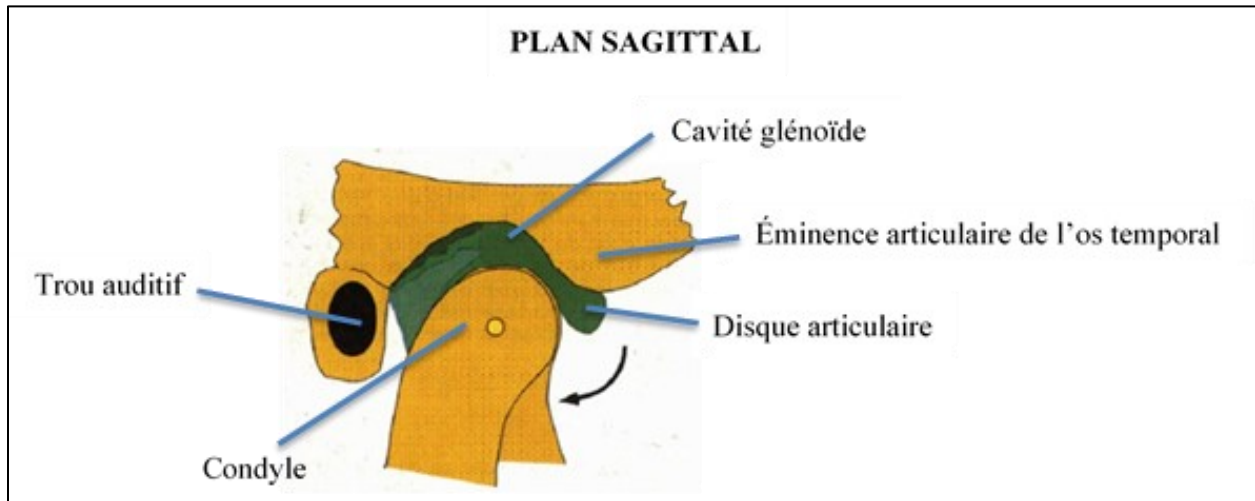
L'autre système de classification relèvera, quant à lui, de la précision de la prothèse et de la qualité de reproduction des relations interarcades propres à la patiente ou au patient. Il amènera trois types distincts de prothèses, soit : a) la prothèse de précision, b) la prothèse de semi-précision et c) la prothèse centrique. Ainsi, une prothèse complète peut être de précision, de semi-précision ou centrique, de la même façon qu'une prothèse partielle peut, elle aussi, appartenir à l'une de ces trois classes de précision. Par ailleurs, le terme prothèse de précision est synonyme de prothèse

équilibrée ou de prothèse balancée, mais dans le cadre de cet essai, dans le but de simplifier la compréhension, nous privilégierons l'appellation de précision.

3.2.2 Les différents mouvements de la mandibule

Comme précisé préalablement, la mandibule peut se déplacer dans toutes les dimensions par rapport à la mâchoire supérieure, appelée maxillaire. Ces différents mouvements permettent principalement à l'humain de déchirer et de broyer sa nourriture. Nous définirons quatre mouvements de la mandibule, soit : a) l'ouverture, b) la fermeture, c) la latéralité et d) la protrusion. Chacun d'eux implique une mobilisation musculaire et articulaire différente.

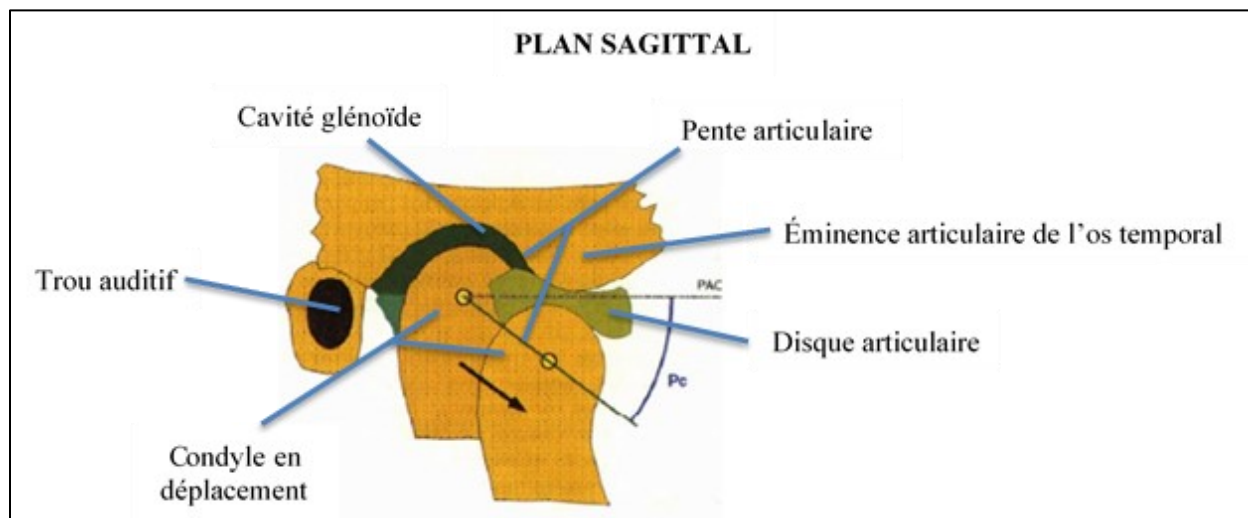
Tout d'abord, il faut comprendre que chaque ATM peut faire deux mouvements élémentaires, soit la rotation et la translation (Lejoyeux, 1976). La rotation représentée à la figure 2 est un mouvement du condyle, surface articulaire de la mandibule, autour de son axe et dans le fond de la cavité glénoïde qui, elle, se situe dans l'os temporal. Effectué simultanément par les deux condyles, ce mouvement permet les dix premiers millimètres d'ouverture de la bouche.



Note. Figure adaptée de Guezzen, 2008

Figure 2. Mouvement de rotation de l'articulation temporo-mandibulaire en vue latérale droite.

Le mouvement de translation, pour sa part, implique un déplacement du condyle sur la pente articulaire formée par l'éminence articulaire de l'os temporal. Ce déplacement, illustré à la figure 3, s'effectue vers l'avant et vers le bas.



Note. Figure adaptée de Guezzen, 2008

Figure 3. Mouvement de translation de l'articulation temporo-mandibulaire en vue latérale droite.

Il existe une position élémentaire de la mandibule qui se nomme relation centrée. Elle correspond à la position neutre de la mandibule, lorsque les deux ATM sont à leur position idéale, chacun des condyles dans leur cavité glénoïde respective. C'est une position stable qui sert aussi de référence pour définir les quatre mouvements mandibulaires. À cette position, la bouche est fermée. Lorsque la personne n'a plus de dents naturelles, c'est cette position de fermeture qui est recherchée lors de l'enregistrement d'occlusion.

Le mouvement de plus grande ouverture correspond à une rotation des deux condyles permettant les premiers millimètres d'ouverture, suivi d'un déplacement des deux condyles sur la totalité de leur pente articulaire respective. L'ouverture maximale de la bouche chez une personne en bonne santé correspond à plus ou moins 40 mm (Pompignoli et al., 2017). Le mouvement

d'ouverture implique toujours une rotation des condyles, suivie d'une translation plus ou moins importante.

Le mouvement de fermeture est un retour des condyles vers la position de relation centrée, à partir de la plus grande ouverture ou de tout autre stade intermédiaire d'ouverture.

Pour sa part, le mouvement de protrusion, également nommée mouvement de propulsion (Pompignoli et al., 2017), est une translation simultanée des deux condyles sur leur pente articulaire sans rotation préalable. Ce mouvement permet de projeter la mandibule vers l'avant sans que les dents s'écartent de façon significative. Il permet, entre autres, aux dents antérieures d'entrer en contact et, par le fait même, de déchirer la nourriture.

Le mouvement de latéralité, aussi appelé mouvement de diduction (Lejoyeux, 1976; Pompignoli et al., 2017), correspond à une translation unilatérale des ATM, c'est-à-dire qu'un seul condyle est mobilisé à la fois. Il peut être précédé ou non d'une rotation dudit condyle. Il permet le déplacement latéral, vers la gauche ou vers la droite, de la mandibule avec un degré plus ou moins important d'ouverture de la bouche. Cependant, le cas qui nous occupe est la translation unilatérale d'un condyle qui n'est pas précédée d'une rotation. Ce mouvement permet de faire grincer les dents postérieures les unes contre les autres et, ainsi, de broyer les aliments. C'est ce cas précis qui est appelé latéralité lors de la fabrication de prothèses dentaires.

3.2.3 *Les articulateurs*

À la suite de l'enregistrement d'occlusion, le ou la denturologiste doit positionner les modèles de pierre, qui sont la reproduction de la bouche de la patiente ou du patient, sur un

instrument nommé articulateur. Celui-ci « est un instrument de diagnostic et de traitement destiné à transférer et à analyser au laboratoire, les relations statiques et dynamiques entre la mandibule et le maxillaire » (Lejoyeux, 1976, p. 167). Il existe différents types d'articulateurs qui permettent le montage de différents types de prothèses.

Ainsi, le montage d'une prothèse centrique se fait sur un articulateur simple qui ne permet de reproduire que les mouvements d'ouverture et de fermeture de la bouche. Bien qu'en théorie il soit possible de réaliser des prothèses complètes centriques, il n'est pas recommandé de le faire. En effet, ce n'est le plan de traitement idéal pour aucune personne complètement édentée. Cette dernière doit déchirer et broyer sa nourriture dans des mouvements excentrés et ses prothèses doivent être fabriquées en ce sens. Ce type d'articulateur sert plutôt à l'étude de cas, préalable à la prise d'empreinte finale en prothèse partielle.

La prothèse de précision, pour sa part, se fait sur un articulateur de précision qui permet l'ajustement des pentes condyliennes propres à la patiente ou au patient et le transfert de la position du maxillaire dans l'espace par rapport aux condyles. Une fois les données-patient établies, il permet de reproduire le plus fidèlement possible, en plus de l'ouverture et de la fermeture, les mouvements de latéralité et de protrusion de ce dernier. Plusieurs compagnies fabriquent des articulateurs de précision. Le modèle retenu par le département de denturologie du Cégep Édouard-

Montpetit en est un de la marque Hanau (Cégep Édouard-Montpetit, 2018b). Il est représenté à la figure 4.



Figure 4. Articulateur utilisé dans le cadre du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit.

En ce qui a trait à la prothèse de semi-précision, elle est réalisée sur un articulateur de semi-précision⁸ qui permet des mouvements de latéralité et de protrusion, mais qui ne permet pas le transfert des données du patient. Ainsi, des pentes condyliennes moyennes sont utilisées et le positionnement du maxillaire est arbitraire. Pour les patientes et patients qui ont une physiologie correspondant à la moyenne de la population, des prothèses de ce type peuvent répondre à leurs besoins de façon satisfaisante. Cependant, pour une personne ayant des particularités anatomiques

⁸ Il est à noter qu'une prothèse de semi-précision peut également être réalisée sur un articulateur de précision qui est ajusté de façon à correspondre aux données moyennes de la population.

ou des dysfonctions de l'ATM, il est possible que ce type de prothèses ne soit pas une solution envisageable.

3.2.4 *L'importance du montage équilibré en prothèses complètes amovibles*

L'étape du montage, qui consiste à positionner des dents prothétiques remplaçant la dentition naturelle, constitue le cœur de la fabrication d'une prothèse dentaire et est illustré à la figure 5.



Figure 5. Montage de deux prothèses complètes réalisé sur un articulateur Hanau.

Cette étape est régie par de nombreuses règles qui servent à rétablir les paramètres esthétiques et fonctionnels de la dentition. L'étape primaire de tout montage, appelée montage à la plaque, consiste à positionner les dents antérieures supérieures et, ensuite, les dents postérieures supérieures en respectant les règles de contact sur le plan de référence. Par la suite, les dents du bas sont emboîtées dans celles du haut pour recréer ce qui est appelé l'occlusion dentaire, c'est-à-dire, les contacts des dents, entre elles, qui permettent le phénomène de mastication. Dans le cadre

de cet essai, nous nous intéressons au montage équilibré en prothèses complètes; les prothèses partielles relevant de règles de montage quelque peu différentes ne seront pas abordées.

En denturologie, le terme montage équilibré est utilisé pour définir le fait que les dents prothétiques sont positionnées de manière à favoriser tant les mouvements centriques de fermeture, que les mouvements excentrés de latéralité et de protrusion chez le porteur de prothèses. En prothèses complètes, il est primordial qu'au moment où la mandibule glisse de façon latérale, des contacts entre les dents s'opèrent simultanément à gauche et à droite pour éviter les effets de levier qui contribueraient au délogement des prothèses et à l'inconfort de la patiente ou du patient (Lejoyeux, 1978). Ce principe s'applique aussi au mouvement de protrusion qui doit bénéficier de contacts simultanés sur les dents antérieures et les dents postérieures. De plus, la force des contacts, aussi bien centrés qu'excentrés, doit être équivalente sur l'ensemble des vingt-huit dents composant les prothèses supérieure et inférieure (Lejoyeux, 1976, 1978).

Si l'équilibre du montage n'est pas atteint et occasionne l'instabilité des bases prothétiques, la santé buccale de la patiente ou du patient peut être altérée, entre autres par l'apparition de lésions en bouche ou par l'accélération du processus de résorption osseuse des gencives (Bonifay, 2017; Lejoyeux, 1976; Poštić, 2012). Par ailleurs, un déséquilibre au niveau du montage peut empêcher la personne de mastiquer correctement sa nourriture, entraînant parfois des répercussions au niveau du système digestif et de la santé globale de celle-ci (Christen et Kerschensteiner, 2013).

Dans un autre ordre d'idées, qu'il s'agisse d'une prothèse de semi-précision avec des données standardisées ou d'une prothèse de précision avec des données spécifiques à la patiente ou au patient, le montage peut, dans ces deux cas, être qualifié d'équilibré. En effet, c'est le

positionnement des dents dans le respect des règles qui crée l'équilibre du montage. La différence entre ces deux cas réside dans le fait que, sur l'articulateur, l'ensemble des déplacements se fait de façon harmonieuse, mais, dans le cas de la prothèse de semi-précision, cette harmonie peut disparaître lors de l'essai en bouche, car les données de la patiente ou du patient diffèrent de celles de l'articulateur (Pompignoli et al., 2017).

À cet égard, si le ou la denturologiste constate un déséquilibre au niveau du montage, il ou elle peut procéder à une opération nommée meulage sélectif qui consiste à altérer légèrement, à l'aide d'une fraise, la surface des dents prothétiques au niveau des contacts les plus forts. Cette opération peut être réalisée en cours de fabrication, avant ou après la polymérisation de la prothèse, ou même à la suite de la mise en bouche (Lejoyeux, 1976, 1978). Cependant, une mauvaise compréhension ou un abus de cette procédure peuvent occasionner une usure prématurée de la prothèse, ce qui ne correspond pas à une pratique dans les règles de l'art.

3.2.5 Les considérations d'ordre mécanique en denturologie

La fabrication de prothèses dentaires place quotidiennement le ou la denturologiste en relation avec plusieurs notions de physique mécanique. En effet, les auteurs (Christen et Kerschensteiner, 2013; Granger, 1962; Lejoyeux, 1976; Nagle et al., 1962; Pompignoli et al., 2017) soulèvent le rôle fonctionnel des prothèses et les impératifs mécaniques nécessaires pour que l'utilisation quotidienne par la patiente ou le patient se fasse sans heurt. Certains, comme Pompignoli et al. (2017), parlent même d'un système prothétique et affirment que, pour être efficace, il doit répondre aux impératifs a) de sustentation, b) de rétention et c) de stabilisation. C'est-à-dire que l'ensemble des forces appliquées sur la prothèse doit empêcher respectivement

l'enfoncement de la prothèse dans les surfaces d'appui, le soulèvement vertical de la prothèse et les mouvements horizontaux de celle-ci (Batarec, 1998). Le montage, bien que pouvant agir indirectement sur les deux premiers impératifs, assure principalement la fonction de stabilisation des prothèses (Lejoyeux, 1976, 1978; Pompignoli et al., 2017).

Durant la mastication, des vecteurs de force s'établissent sur les bases prothétiques (Christen et Kerschensteiner, 2013). Pour que les prothèses demeurent stables, confortables et efficaces, ces différents vecteurs doivent s'annuler entre eux et aboutir à une résultante nulle. Par ailleurs, Nagle, Sears et Silverman (1962) mentionnent l'importance de bien comprendre les principes de leviers et de plans inclinés reliés au montage des prothèses dentaires. De plus, ces derniers soulignent l'implication de la dynamique, que ce soit en termes de cinématique ou de statique, dans la réalisation du montage et dans la stabilisation des prothèses. Il convient, selon eux, de traiter les mâchoires et leurs actions comme une machine qui transmet et reçoit des forces.

Bref, la pleine implication de la physique mécanique dans le traitement de l'édenté total ayant été établie, il est maintenant nécessaire de définir quelles sont les variables directement impliquées dans le montage équilibré et la façon par laquelle la ou le denturologiste peut agir sur des dernières.

3.3 Les variables mécaniques en montage équilibré

Avant toute chose, il faut rappeler que « l'objet de tout montage sur un articulateur est d'établir, sur un instrument mécanique, le même rapport des dents à ses axes, que les dents occupent, dans la bouche, par rapport aux axes des condyles » (Granger, 1962, p. 15). La

transposition des données de la patiente ou du patient sur l'articulateur se fera grâce aux manipulations effectuées lors du rendez-vous d'enregistrement d'occlusion (voir figure 1). Il faut ici comprendre que des manipulations adéquates et une bonne gestion des paramètres, lors de cette séance clinique, sont impératives au bon déroulement et à l'efficacité subséquente du montage (Bonifay, 2017; Christen et Kerschensteiner, 2013; Lejoyeux, 1976).

En partant du principe que les manipulations préalables ont été effectuées de façon exemplaire, la ou le denturologiste sera confronté à la gestion des différentes variables agissant sur l'équilibre lors du montage des dents prothétiques. Ces variables au nombre de cinq, connues dans le domaine sous la dénomination *Hanau's quint* ou en français le *quint de Hanau*, (Lejoyeux, 1976; Pompignoli et al., 2017) sont : a) la pente condylienne, b) la pente incisive, c) l'angle cuspidien, d) le plan d'occlusion et e) la courbe de compensation (Pompignoli et al., 2017). Certaines sont variables d'une personne à l'autre, mais ne peuvent être modulées une fois enregistrées sur un cas-patient spécifique. D'autres sont entièrement à la discrétion de la ou du denturologiste, d'où l'importance de bien comprendre leur action pour faire des choix permettant de mettre en place l'équilibre du montage.

3.3.1 La pente condylienne

La pente condylienne correspond à l'angulation, dans le plan sagittal, de la pente articulaire sur laquelle le condyle se déplace (voir figure 3). Elle a une forte influence sur le montage, car, étant tributaire de l'anatomie articulaire de la patiente ou du patient, elle s'impose aux denturologistes et ne peut être changée (Granger, 1962; Pompignoli et al., 2017). Elle peut même

être d'une valeur différente sur l'ATM gauche et l'ATM droite. Elle est déterminée grâce aux manipulations effectuées avec la patiente ou le patient lors de l'enregistrement d'occlusion.

La pente moyenne rencontrée chez les patientes et patients exempts de problèmes articulaires est de 30°. C'est pourquoi, lors des cas de semi-précision, les degrés condyliens fixés sur l'articulateur correspondent à cette mesure (Lejoyeux, 1976).

3.3.2 *La trajectoire incisive*

Aussi appelée pente incisive, la trajectoire incisive correspond à la façon par laquelle les dents antérieures supérieures et inférieures interagissent lors des mouvements excentrés. En prothèse complète, elle est déterminée par la ou le denturologiste, mais peut parfois être influencée par l'esthétique attendue par la patiente ou le patient (Granger, 1962; Pompignoli et al., 2017).

3.3.3 *L'angle cuspidien*

Aussi appelé angulation cuspidienne, l'angle cuspidien correspond à la profondeur des dents postérieures (prémolaires et molaires) et à l'inclinaison des surfaces de glissement entre celles-ci lors des mouvements excentrés. Le choix des dents postérieures est entièrement à la discrétion de la ou du denturologiste, mais ce choix doit tenir compte des autres facteurs du *quint de Hanau*.

Les compagnies dentaires fabriquent différentes sortes de dents postérieures pour accommoder les différentes situations de montage rencontrées dans la pratique clinique. Les degrés offerts sont : 0°, 10°, 20°, 22°, 30°, 33° et 40°. La dent la plus fréquemment utilisée dans le

programme Techniques de denturologie est la 20°, dent de prédilection pour les cas de semi-précision.

3.3.4 *Le plan prothétique*

Aussi appelé plan occlusal ou plan d'occlusion, c'est le plan sur lequel les dents antérieures et postérieures sont montées à la plaque. C'est un plan imaginaire (Granger, 1962), dans le sens où il n'est pas visible une fois le montage terminé, sur lequel les dents supérieures et inférieures entrent en contact.

En vue frontale, il est généralement horizontal et en vue sagittale, il est généralement oblique et plus haut dans la zone postérieure. Il est déterminé, en clinique, avec la patiente ou le patient en se référant a) à l'axe de ses yeux, b) à un plan de référence anatomique, appelé plan de Camper, et c) au transfert de la position du maxillaire à l'aide d'un instrument appelé arc facial (Bonifay, 2017; Lejoyeux, 1976). Une fois établi en clinique, il ne doit pas être modifié.

3.3.5 *La courbe de compensation*

La courbe de compensation est en fait un plan oblique qui est donné aux molaires et qui est ascendant médialement et postérieurement par rapport au plan prothétique. Elle permet d'éviter les effets de levier et assure un contact des dents en tout temps lors de mouvements excentrés, en compensant « dans le plan sagittal l'influence de l'abaissement postérieur de la mandibule, pendant le trajet de propulsion et les différentes diductions » (Pompignoli et al., 2017, p. 220). Elle est déterminée par la ou le denturologiste en tenant compte des autres variables.

3.3.6 L'interaction des différentes variables

Afin de bien comprendre l'équilibre du montage et l'interaction des variables impliquées entre elles, Lejoyeux (1976) mentionne les travaux de Thieleman qui a établi une formule simple liant les cinq facteurs du *quint de Hanau*:

$$\text{Équilibre} = \frac{\text{trajectoire condylienne X trajectoire incisive}}{\text{courbe de compensation X inclinaison du plan d'occlusion X hauteur cuspidienne}}$$

Cette formule montre aisément que, pour que l'équilibre soit permanent, toute augmentation d'un facteur du numérateur doit se traduire par une augmentation des facteurs du dénominateur ou par une réduction du deuxième facteur du numérateur. Et inversement, toute augmentation d'un facteur du dénominateur se traduit par une augmentation des facteurs du numérateur ou par une réduction des deux autres facteurs du dénominateur. (Lejoyeux, 1976, p. 503)

En se référant à cette formule, il faudra toujours tenir compte des variables du *quint de Hanau* qui ne sont pas modifiables en laboratoire par la ou le denturologiste. Ce sont les variables indépendantes, c'est-à-dire la pente condylienne et le plan prothétique. Ainsi, il sera possible de faire un choix de dents postérieures en fonction de ces variables indépendantes et, finalement, d'établir une courbe de compensation et une trajectoire incisive de manière à atteindre l'équilibre.

En résumé, rappelons que Pompignoli et al. (2017) établissent clairement le lien entre les prothèses dentaires et la notion de système. Ainsi, un montage équilibré réalisé sur un articulateur de précision peut être entrevu comme un modèle du système prothétique. Le simulateur que nous souhaitons mettre en place, quant à lui, sera également un modèle du système prothétique seulement avec un niveau de médiation différent. Il peut également être perçu comme un modèle du système articulateur-montage équilibré. Aussi, il est nécessaire de rappeler la notion de dynamique rattachée au concept de simulateur, d'où l'importance de distinguer les variables ayant une influence sur la dynamique du système articulateur-montage équilibré.

En regard de l'apprentissage, il a été mentionné que les connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles sont interreliées et difficilement dissociables dans un contexte d'apprentissage. Donc, il est juste de voir chacune des variables mécaniques, décrites précédemment, comme une connaissance déclarative en ce qui a trait à leur définition. En contrepartie, quand vient le temps d'agir sur celles-ci dans un contexte pratique de montage, elles deviennent d'abord procédurales lors du montage d'un cas de semi-précision et, ensuite, conditionnelles lorsqu'elles s'appliquent dans un montage de prothèses complètes de précision, avec des données propres à la patiente ou au patient.

Au final, il est donc raisonnable de croire que la conception d'un simulateur pédagogique sera à même de favoriser la modélisation et l'apprentissage des variables reliées au montage équilibré en prothèse complète dans la mesure où celui-ci s'inscrira dans une démarche globale qui respectera le processus d'apprentissage de l'étudiante ou de l'étudiant.

4. LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE L'ESSAI

En somme, le cadre de référence a rendu possible la mise en lumière des concepts importants permettant de contextualiser l'objectif général de l'essai qui est de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et étudiants en Techniques de denturologie.

Nous avons établi que le montage équilibré peut être défini comme un système pouvant être représenté par un modèle et qu'un simulateur est un modèle dynamique d'un système. Par ailleurs, nous avons déterminé que la modélisation est en lien avec les théories cognitivistes et constructivistes de l'apprentissage, qui sont toutes deux basées sur la psychologie cognitive. À son tour, cette dernière stipule qu'il est nécessaire de se représenter les connaissances afin de les acquérir et de les intégrer dans notre structure cognitive. Nous avons également spécifié que le processus type d'apprentissage permet de planifier la séquence des apprentissages afin de favoriser l'acquisition des connaissances par les étudiantes et étudiants.

Aussi, nous avons constaté que la conception d'un simulateur pédagogique doit s'appuyer sur une démarche rigoureuse mettant de l'avant l'interdisciplinarité, intégrant des moments de régulation et d'évaluation du dispositif et se déroulant selon des coûts et des délais raisonnables. Par conséquent, nous avons choisi d'opérationnaliser l'objectif général de notre essai en deux objectifs spécifiques qui sont :

1. Concevoir un simulateur pédagogique selon une démarche de recherche développement;

2. Valider la conception du simulateur pédagogique auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie.

TROISIÈME CHAPITRE. LA MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre sert à présenter la méthodologie retenue pour cet essai. Dans un premier temps, nous expliquerons le type de recherche et l'approche méthodologique privilégiée pour répondre à notre problématique de recherche. Puis, nous décrirons le déroulement et l'opérationnalisation de la recherche. Ensuite, nous détaillerons les techniques et instruments de collectes des données, le choix des participantes et participants et les méthodes de traitement et d'analyse des données. Nous aborderons également les moyens mis en place pour assurer la rigueur et la scientificité et les considérations éthiques dont nous avons tenu compte.

1. LE TYPE DE RECHERCHE ET L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Cet essai, qui décrit les étapes de la conception et de la validation par les pairs d'un matériel pédagogique, soit un simulateur de montage équilibré en prothèses complètes, s'inscrit sous le pôle innovation (Université de Sherbrooke, 2016).

Tout d'abord, nous avons déterminé que la recherche développement est le type de recherche qui répond le mieux à l'objectif général de cet essai. En effet, le problème à l'origine de ce dernier, soit le manque de ressources pour enseigner les concepts liés au montage équilibré en prothèses dentaires complètes et les difficultés pour les étudiantes et étudiants d'apprendre ces notions sur papier alors qu'en réalité elles s'appliquent de façon tridimensionnelle, relève de la pratique. Selon Loiselle (2001), la recherche développement est associée aux enjeux pragmatiques de la recherche, c'est-à-dire qu'elle vise « la résolution de problèmes par la recherche de solutions fonctionnelles » (p. 79). Ainsi, la solution envisagée pour répondre à ce problème, soit la

conception d'un simulateur pédagogique, est novatrice, car elle n'a jamais été entreprise dans ce domaine auparavant, ce qui cadre avec la façon dont Legendre (2005) définit la recherche développement, soit une « recherche visant, par l'utilisation de connaissances scientifiques et de données de recherche, à produire des objets ou des procédés nouveaux » (p. 1147).

Par ailleurs, Loiselle et Harvey (2007) mentionnent que « la recherche développement ne visera pas uniquement à développer un objet ayant une valeur pédagogique, mais voudra aussi rendre compte de l'expérience de développement dans toutes ses facettes » (p. 44). Dans cet ordre d'idées, nous avons fait une description détaillée du contexte, du problème de recherche et des éléments du cadre de référence. Aussi, les étapes de conception et d'évaluation du simulateur ainsi que les éléments méthodologiques et les résultats sont également exposés par le biais de cet essai. Cette façon de faire, basée sur les principales caractéristiques de la recherche développement décrites par Harvey et Loiselle (2009), permettra de rendre compte de l'expérience de développement dans son entièreté, de dépasser le simple développement de produit et de réaffirmer la place de notre projet en recherche développement.

Dans le cadre de cette recherche, nous adoptons une posture épistémologique pragmatique, car nous priorisons l'efficacité pour répondre à notre problème de recherche (Fortin et Gagnon, 2016). De plus, puisque la finalité de cette recherche vise à comprendre et à améliorer la conception d'un simulateur pédagogique, nous considérons que la meilleure façon d'y arriver est de combiner des méthodes qualitatives et quantitatives dans une seule étude : ce qui, selon Fortin et Gagnon (2016), conduit à une méthodologie mixte et soutient le paradigme pragmatique. Par ailleurs, Loiselle et Harvey (2007) soulèvent que la recherche développement peut s'inscrire dans un

paradigme épistémologique positiviste aussi bien qu'interprétatif, selon les finalités mises de l'avant durant les étapes de validation du produit. Dans le même ordre d'idées,

dans la méthodologie mixte, on considère une composante majeure, soit la méthode de recherche prédominante (qualitative ou quantitative), laquelle fournit la direction générale à l'étude, et la composante supplémentaire (l'autre méthode), qui est la stratégie (outil ou moyen méthodologique) utilisée pour améliorer la description, l'explication ou la compréhension du phénomène à l'étude. (Fortin et Gagnon, 2016, p. 249)

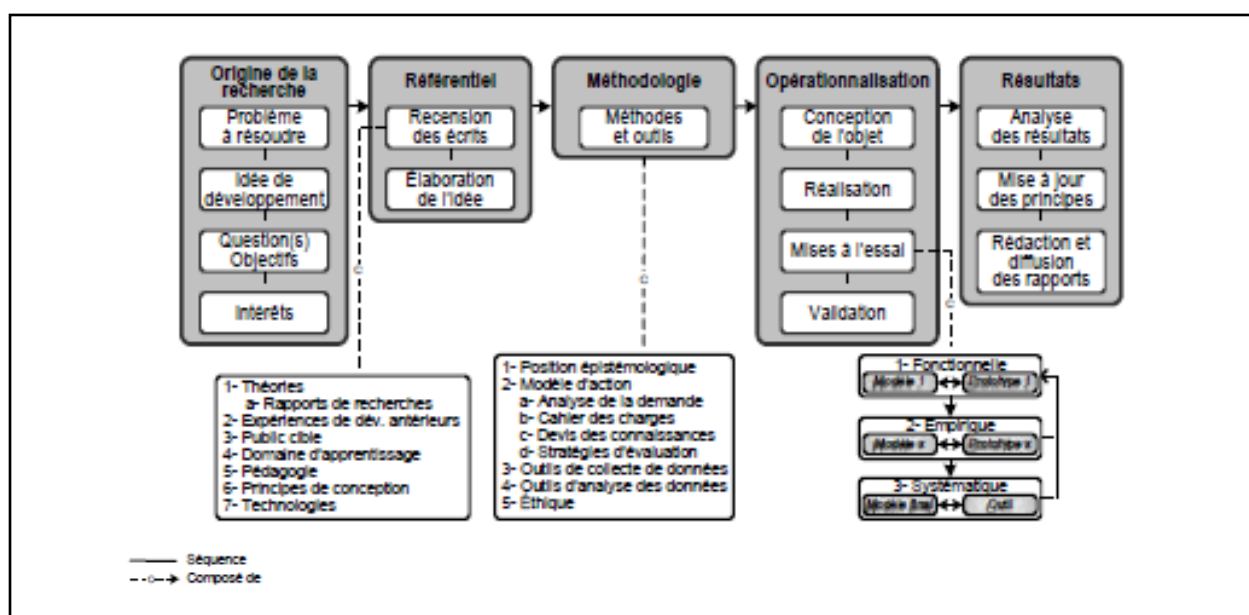
Partant de ce fait, si les mises à l'essai servent à « recueillir et analyser des données faisant état des perceptions, des expériences et des réflexions dans l'action des participants » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 47), ce vers quoi s'oriente notre essai, le paradigme épistémologique est interprétatif, c'est pourquoi nous avons choisi de donner préséance aux méthodes qualitatives dans la conduite de notre recherche.

Ainsi, notre devis de recherche mixte est, selon Fortin et Gagnon (2016), de type concomitant triangulé avec prédominance qualitative (QUAL + QUAN). Nous avons retenu ce type de devis, car la collecte et l'analyse des deux types de données provenant du questionnaire ont été effectuées au même moment, mais de façon distincte. De là, l'interprétation des résultats a permis de déterminer la divergence ou la convergence des deux types de données et, par le fait même, de venir enrichir les résultats de la recherche dans l'optique d'améliorer la conception du simulateur pédagogique. De plus, l'utilisation du journal de bord comme instrument de collecte de

données est venue appuyer la prédominance qualitative de notre devis mixte et a également servi à la triangulation des données lors de l'interprétation des résultats.

2. LE DÉROULEMENT DE LA RECHERCHE

Nous avons opté pour le modèle de recherche développement de Harvey et Loisel (2009) pour conduire notre projet de recherche. À la suite de l'analyse de diverses démarches de recherche développement, ces auteurs ont proposé un modèle applicable dans le domaine de l'éducation. Ce modèle, qui intègre une vision macroscopique et microscopique du processus visant le développement de produits éducatifs selon une démarche scientifique, est présenté à la figure 6.



Source. Harvey et Loisel, 2009, p. 110

Figure 6. Modèle de recherche développement en éducation

Nous avons retenu ce modèle principalement pour ses cinq phases macroscopiques qui permettent d'assurer une démarche de recherche rigoureuse et de dépasser le simple

développement de produit (Harvey et Loisel, 2009). Par contre, nous avons apporté quelques modifications aux phases microscopiques, principalement en choisissant d'intégrer le modèle d'ingénierie pédagogique ADDIE à la phase d'opérationnalisation de la recherche. Nous en expliquons les détails dans les prochains paragraphes.

2.1 La phase 1 : Origine de la recherche

Pour Harvey et Loisel (2009), l'origine de la recherche peut découler d'un problème à résoudre ou d'une idée de développement et mène à définir l'intérêt de la recherche et les objectifs de celle-ci. Étant donné que l'origine de notre recherche découle d'un problème à résoudre, nous l'avons nommé problématique et l'avons détaillé dans le premier chapitre de cet essai. Nous avons également expliqué, dans ce chapitre, l'intérêt de mener une telle recherche et l'objectif général de celle-ci.

2.2 La phase 2 : Référentiel

Harvey et Loisel (2009) stipulent que la phase *Référentiel* de la recherche vise à asseoir les différentes théories existantes sur le sujet de recherche et sert à justifier les décisions prises en cours de développement. Ces auteurs soulignent que les considérations théoriques se rapportant à la recherche peuvent provenir des différents champs suivants :

1. les théories générales sur le sujet de recherche incluant les rapports de recherche qui s'y rapportent,
2. les expériences de développement antérieures,
3. les caractéristiques du public ciblé par le produit,
4. les particularités du domaine d'apprentissage couvert,
5. les approches pédagogiques et les stratégies

d'apprentissage, 6. les principes régissant la conception du type de produit à développer, 7. les aspects technologiques mis en cause, lorsque nécessaire. (Harvey et Loisel, 2009, p. 111)

Dans le deuxième chapitre de cet essai, nous avons établi notre cadre de référence, terme considéré comme un synonyme de référentiel (Harvey et Loisel, 2009). En ce qui a trait à la provenance des différentes considérations théoriques de notre recherche, nous considérons que notre concept sur les simulations et les simulateurs pédagogiques, relève des expériences antérieures de développement, des principes régissant la conception du produit et quelque peu des théories générales, des approches pédagogiques et des aspects technologiques. En second lieu, le concept de modélisation traite plutôt des théories générales et d'une certaine forme d'approches pédagogiques. Pour sa part, le concept portant sur l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré est en lien avec les particularités du domaine d'apprentissage couvert, les approches pédagogiques et les stratégies d'apprentissage.

2.3 La phase 3 : Méthodologie

En se référant à la figure 6, il est possible de constater que, selon Harvey et Loisel (2009), la méthodologie doit inclure les méthodes et outils, entre autres la posture épistémologique, les outils de collecte et d'analyse de données ainsi que les considérations éthiques. Ces éléments concernant notre recherche sont inclus dans le présent chapitre. Pour Harvey et Loisel (2009), dans le cadre d'une recherche développement, la méthodologie devrait aussi inclure le modèle d'action qui traite du devis des connaissances, du devis pédagogique et du devis médiatique par le biais d'une analyse de la demande et de la rédaction d'un cahier des charges. Nous avons plutôt

choisi de relayer cette étape du processus à la phase d'opérationnalisation et, plus précisément, à la phase d'analyse du modèle ADDIE. Nous en expliquons les raisons dans les prochains paragraphes.

2.4 La phase 4 : Opérationnalisation

La principale différence entre une recherche développement et toute autre forme de recherche réside dans la phase d'opérationnalisation de l'objet à développer. Pour Harvey et Loiselle (2009), il « s'agit de l'articulation entre la conception de l'objet, la réalisation, les différentes mises à l'essai et la validation du produit » (p. 112). Dans le cadre de cet essai, nous avons choisi l'ingénierie pédagogique et le modèle ADDIE qui s'y rattache, comme moyen d'opérationnaliser le développement de notre simulateur pédagogique. Plusieurs raisons justifient l'intégration de ce modèle à notre démarche de recherche développement.

Tout d'abord, l'ingénierie pédagogique et le modèle ADDIE sont fréquemment utilisés et s'avèrent un moyen efficace de développement de produits pédagogiques impliquant les technologies de l'information et de la communication (TIC) (Basque, 2004, 2017; Cooney, 2016; Deschamps, 2015; Noreau, 2018; Robert, 2016). Le modèle ADDIE a également été utilisé dans le cadre du développement de simulateur dans le domaine de la prosthodontie (Bonnet et al., 2018) et dans le développement de jeux sérieux (Lortet, 2018), qui s'apparentent aux simulateurs (Sauvé et al., 2010) : deux sujets se rapprochant de notre recherche.

Par ailleurs, selon Basque (2017), l'ingénierie pédagogique désigne l'objet construit au cours de son processus sous le terme système d'apprentissage. Cette dernière souligne également

les liens entre l'ingénierie pédagogique et l'approche systémique, tandis que Lortet (2018) présente l'ingénierie pédagogique comme un moyen « de répondre à la complexité de la conception des dispositifs » (p. 3). Nous considérons que ces éléments sont étroitement liés au concept de modélisation développé dans notre cadre de référence, ce qui a orienté une fois de plus notre choix vers ce modèle pour la conception de notre simulateur. De plus, nous considérons que l'ingénierie pédagogique permettra de garder en tête les visées pédagogiques de notre simulateur (Noreau, 2018), car elle permet de mettre en interaction « les trois logiques : pédagogique, didactique et technologique, rendant possible la création d'un environnement d'apprentissage propice à l'amélioration de la compétence » (Deschamps, 2015, p. 191).

Les raisons qui justifient la mise en œuvre d'un processus d'ingénierie pédagogique pour élaborer un système d'apprentissage sont : a) l'efficacité, b) l'efficience et la rentabilité, c) une meilleure gestion de la complexité, d) une meilleure communication entre les membres de l'équipe de projet, e) une meilleure communication avec le demandeur du système d'apprentissage et f) une plus grande réutilisation du travail réalisé (Basque, 2017). Elles sont en adéquation avec les éléments de notre cadre de référence desquels nous tiendrons compte dans la conception du simulateur pédagogique. Ces éléments-clés de conception d'un simulateur pédagogique, selon Choplin et al. (2000), sont présentés, rappelons-le, au tableau 3. Dans le même ordre d'idées, toujours selon Basque (2017), les différents acteurs prenant part au processus d'ingénierie pédagogique, soit : a) le concepteur pédagogique, b) le médiatiseur, c) le facilitateur de l'apprentissage, d) le gestionnaire de projet, e) l'expert de contenu, f) l'évaluateur, g) l'apprenant et h) le demandeur du système d'apprentissage, ont tous été mentionnés, par le biais de notre cadre de référence, comme en lien avec la mise en œuvre d'un simulateur pédagogique. Ces éléments

nous permettent d'entrevoir l'ingénierie pédagogique comme un processus approprié pour opérationnaliser la conception de notre simulateur de montage équilibré.

Finalement, les cinq phases de l'ingénierie pédagogique, soit : a) analyse, b) design ou conception, c) développement, d) implantation et e) évaluation, désignées par l'acronyme ADDIE et donnant nom au modèle (Basque, 2004, 2017; Deschamps, 2015; Ducharme, 2017; Lortet, 2018; Noreau, 2018; Robert, 2016), s'apparentent aux phases microscopiques proposées dans le modèle de recherche développement d'Harvey et Loiselle (2009). Ceci nous permet donc de l'intégrer à notre démarche de recherche. Nous les détaillons et les comparons aux phases microscopiques du modèle d'Harvey et Loiselle (2009) dans le présent chapitre sous la rubrique opérationnalisation de la recherche.

2.5 La phase 5 : Résultats

Selon Harvey et Loiselle (2009), la phase macroscopique des résultats permet de colliger l'information au terme de la démarche de recherche et, ainsi, de mieux les comprendre pour être en mesure de les présenter. Dans cette phase, on procède au traitement et à l'analyse des données recueillies, ce qui met en lumière les nuances dans les décisions prises lors de la réalisation et les caractéristiques essentielles du produit réalisé (Harvey et Loiselle, 2009). De là, une mise à jour des principes de conception est entreprise. Par la suite, la chercheuse ou le chercheur est amené à diffuser les résultats de sa recherche par le biais d'écrits qu'il ou elle produit et qui mettent « en évidence le déroulement de la démarche, les caractéristiques de l'objet développé et les principes de conception tirés de l'expérience de développement » (Harvey et Loiselle, 2009, p. 113). Nous présentons les résultats de la présente recherche dans le quatrième chapitre.

3. L'OPÉRATIONNALISATION DE LA RECHERCHE

Dans cette section, nous présentons la façon par laquelle nous avons opérationnalisé notre recherche. Nous définirons les cinq différentes phases composant le modèle ADDIE, modèle que nous avons retenu pour mener à bien l'opérationnalisation de notre recherche. De plus, nous décrirons la manière dont nous avons déployé ces phases lors de la conception du simulateur pédagogique. Comme l'objectif général ainsi que le premier objectif spécifique de la recherche portent sur la conception d'un simulateur pédagogique, nous avons conduit les phases d'analyse et de design ou conception du modèle retenu, ce qui a découlé sur la production d'un cahier des charges (en annexe C). Par ailleurs, nous avons opérationnalisé le second objectif spécifique de validation de la conception du simulateur pédagogique auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie en conduisant une phase d'évaluation du cahier des charges.

3.1 L'analyse

La phase d'analyse du modèle ADDIE sert à analyser les composantes orientant le projet de développement du système d'apprentissage (Basque, 2004, 2017). Au cours de cette étape, le concepteur pédagogique se penche sur les besoins pédagogiques, les caractéristiques de la clientèle cible, le contexte dans lequel s'insère le système d'apprentissage, les ressources existantes pouvant être utilisées ou adaptées, les attentes du demandeur du système d'apprentissage ainsi que les contraintes imposées par ce dernier (Basque, 2004, 2017).

Cette phase du modèle ADDIE peut se comparer à certaines composantes du modèle d'action décrit par Harvey et Loiselle (2009) dans leur modèle de recherche développement en

éducation. Ces derniers précisent que le modèle d'action sert à analyser la demande et apporte des précisions relatives au devis des connaissances et au devis pédagogique. Par contre, nous avons choisi de relayer l'étape de l'analyse à la phase d'opérationnalisation, plutôt que de la maintenir à la phase de la méthodologie comme le suggèrent Harvey et Loiselle (2009). En effet, Masseux et Michau (1996) rappellent que la conception d'un simulateur pédagogique nécessite une « réflexion sur la nature de l'activité cognitive à laquelle l'auteur veut entraîner l'élève » (p. 87). Ainsi, nous croyons que procéder de cette façon permet d'opérationnaliser le simulateur dans un processus cohérent et de mettre en relation, avec la démarche poursuivie, les principaux éléments des phases préalables de la recherche, en les réinvestissant, entre autres par le biais de l'analyse, dans les opérations de développement.

3.1.1 La phase d'analyse du simulateur pédagogique

Lors de la réalisation du cahier des charges, fruit de la conception du simulateur pédagogique, nous avons d'abord choisi d'utiliser un modèle de rapport de recherche *Microsoft Word* qui incluait déjà une mise en page et un style qui nous plaisait. Nous avons ensuite personnalisé la page couverture pour qu'elle soit représentative de notre simulateur. Puis, nous avons créé deux sections distinctes intitulées : analyse et design.

Pour procéder à l'analyse, nous nous sommes référée à nos lectures sur le modèle ADDIE, entre autres les éléments constituant l'analyse définis par Basque (2017) et repris par Deschamps (2015), Noreau (2018) et Robert (2016) dans leurs essais. Nous avons, au tout début, documenté les sous-sections suivantes :

1. Clientèle cible ;
2. Contexte ;
3. Besoins pédagogiques ;
4. Ressources existantes ;
5. Contraintes.

Par la suite, nous avons revu et inséré dans le cahier de charges les éléments pertinents de notre cadre de référence, ce qui nous a permis de faire une analyse approfondie et efficace de la situation d'apprentissage et des éléments essentiels devant être intégrés au simulateur, ainsi que des théories générales soutenant ces éléments.

Puis, nous avons examiné l'étape de l'analyse effectuée par Deschamps (2015), Noreau (2018) et Robert (2016), qui ont tous mené une recherche développement en utilisant le modèle ADDIE. Force est de constater, chacun d'eux a regroupé dans un tableau les éléments de l'analyse de leur recherche . En contrepartie, leur travail diffère un peu de l'un à l'autre. Nous avons mis en commun les thèmes des trois tableaux et les avons adaptés à notre simulateur. Ainsi, notre tableau est constitué des thèmes

- 1) Cours ciblé ;
- 2) Programme ;
- 3) Clientèle visée ;
- 4) Compétences développées dans le cours ;
- 5) Compétences et éléments de compétence visés par le simulateur ;
- 6) Capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur ;

- 7) Objectif du simulateur ;
- 8) Cible de formation ;
- 9) Modalités d'enseignement.

Nous avons ensuite complété les premiers éléments du tableau, en nous référant au cadre de référence du cours 110-435-EM (CEM, 2019e). Nous avons établi les objectifs du simulateur en fonctions des capacités à développer provenant du plan-cadre de cours et des avantages des simulateurs tirés de notre cadre de référence de recherche. En ce qui a trait à la cible de formation, nous y avons résumé les effets escomptés au terme de l'utilisation du simulateur dans le parcours d'apprentissage de l'étudiante ou de l'étudiant en nous assurant d'y intégrer les éléments clés de notre cadre de référence. Pour ce qui est des modalités d'enseignement, nous avons rapidement décrit la façon dont le simulateur se joindra au cursus du cours visé, car les détails de la séquence sont expliqués dans la section design du cahier des charges.

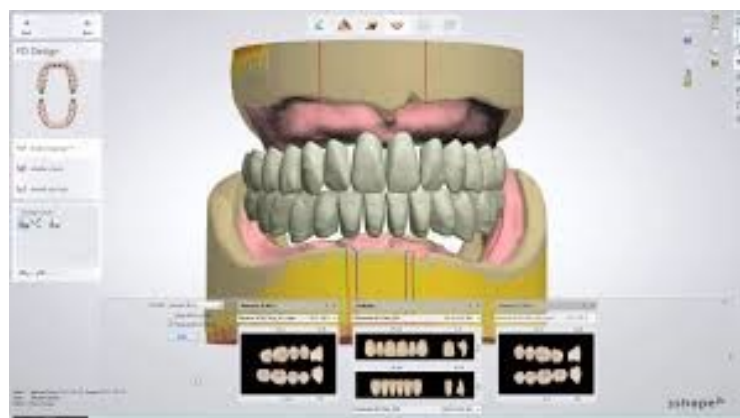
En raison de la teneur de ce tableau, nous avons, par la suite, remanié les sous-sections de l'analyse dans notre cahier des charges. Nous avons intitulé la section de notre cahier des charges contenant ce tableau : *Clientèle cible et besoins pédagogiques* et l'avons placé en deuxième dans l'ordre de présentation. Ceci a été fait afin de répondre aux éléments de l'analyse selon Basque (2017).

Aussi, dans la poursuite du même but, nous avons placé en premier la sous-section nommée : *Contexte de développement du simulateur*. Nous y avons inséré un résumé de différents éléments tirés de notre problématique de recherche. Ceci vise à permettre aux expertes et experts

en pédagogie de la denturologie ainsi qu'aux futurs développeurs ou développeuses de bien comprendre le contexte dans lequel le simulateur pédagogique prend place.

En révisant les éléments avancés par Basque (2017) comme faisant partie de l'analyse et en nous inspirant d'un exemple de cahier des charges pour le développement d'application mobile (codeur.com, s.d.), nous avons choisi de renommer la dernière sous-section: *Contraintes techniques*. Nous avons inscrit cette rubrique pour exposer les différents éléments du cadre de référence qui relèvent des aspects techniques et qui touchent le développement du simulateur. Ainsi, lorsque nous soumettrons le cahier des charges à des développeuses ou développeurs, ceux-ci seront en mesure de réaliser un logiciel qui remplit certaines fonctions auxquelles nous avons pensé et qui sont en lien avec le concept de simulateur de notre cadre de référence. Donc, nous avons réfléchi, dans le cadre de cette sous-section, au système d'exploitation à utiliser, à l'hébergement de notre simulateur, à la langue d'affichage, aux niveaux d'utilisateurs à prévoir et au degré de fidélité du modèle inclus dans le simulateur pédagogique.

De plus, nous avons divisé la sous-section ressources existantes en : *ressources disponibles* et en *ressources nécessaires* et les avons déplacées à la fin de l'analyse. Dans notre analyse des ressources disponibles, nous avons exploré un logiciel de conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) du domaine dentaire, nommé *Dental System* de la compagnie 3Shape, qui contient des éléments de modélisation 3D reliés aux prothèses dentaires complètes. Nous en présentons un exemple à la figure 7.



Source. 3Shape, 2015

Figure 7. Exemple de modélisation provenant du logiciel *Dental system* de 3Shape

Ce logiciel est le plus employé en denturologie, bien que son utilisation ne soit, à ce jour, pas très répandue dans le domaine, car cette technologie est relativement nouvelle. De plus, il est le seul que nous avons pu explorer. En effet, ce type de logiciel est très dispendieux, mais nous y avons eu accès par le biais du département Techniques de prothèses dentaires du CEM, connexe à la denturologie. Nous avons malheureusement été à même de constater que les représentations 3D des éléments, tels que les articulateurs, sont profondément intégrées dans ce logiciel conçu pour la fabrication, que ces dernières sont complexes, peu représentatives du contexte d'apprentissage des étudiants de Techniques de denturologie et servent peu les besoins pédagogiques liés à la problématique qui nous occupe.

Dans le cadre de l'analyse des ressources disponibles, nous avons également tenu compte de la disponibilité des postes informatiques permettant l'utilisation du simulateur pédagogique en classe.

Pour ce qui est des ressources nécessaires, elles visent à expliquer, aux expertes et experts et à d'éventuels lecteurs ou lectrices la réflexion que nous avons faite sur le développement et notre capacité de programmation et se basent sur les éléments décrits dans le concept simulateur de notre essai. Nous y avons donc traité des ressources humaines et financières nécessaires. Par ailleurs, pour nous aider à regrouper les ressources nécessaires pour le développement de notre simulateur pédagogique, nous avons complété l'appel de projet annuel 2020 du Centre collégial de développement de matériel didactique (CCDMD), un organisme qui aide à produire des ressources informatisées et des documents imprimés conçus à l'intention du personnel enseignant et des étudiantes et étudiants de l'ensemble du réseau collégial québécois (CCDMD, s.d.).

Finalement, une fois la phase d'analyse complétée, l'ordre de présentation des différents éléments s'est avéré être :

1. Contexte de développement du simulateur ;
2. Clientèle cible et besoins pédagogiques ;
3. Contraintes techniques ;
4. Ressources disponibles ;
5. Ressources nécessaires.

Ceci nous a ensuite conduite à la phase de design de notre simulateur pédagogique.

3.2 Le design ou la conception

La phase de design, aussi appelée phase de conception (Basque, 2004; 2017; Deschamps, 2015), se déroule sur deux niveaux (Basque, 2004). Le premier niveau, le macrodesign, « consiste

à faire le design de l'architecture globale du système d'apprentissage » (Basque, 2004, p. 8). Le deuxième niveau, le microdesign, permet « le design de chacune des différentes composantes du système d'apprentissage » (Basque, 2004, p. 8). Au cours de la conception, on établit également les objectifs d'apprentissage qui seront partie intégrante du système, les stratégies pédagogiques qui seront utilisées et les médias qui serviront dans le projet (Basque 2004, 2017). Dans cette phase, il faut aussi spécifier les devis médiatiques, entre autres par la création de maquettes ou de prototypes du système d'apprentissage. En plus des maquettes, Robert (2016) mentionne que cette phase mène vers un cahier de charge pédagogique. En revanche, Harvey et Loisel (2009) soutiennent que le cahier des charges est partie intégrante du modèle d'action, équivalent à la phase d'analyse du modèle ADDIE. Au sujet du cahier des charges en recherche développement, Van der Maren (2003) apporte une réponse et stipule que :

À la fin de ces analyses, on devrait savoir quelles fonctions l'objet pédagogique à développer (ou à corriger) devra remplir, avec qui et par qui, et dans quelles conditions il devra le faire. On devrait aussi avoir une idée du contexte de son utilisation. C'est l'ébauche du contrat de construction (du cahier des charges). Cependant, il faudra retravailler le cahier des charges après la phase de conception, car on ne sait probablement pas encore très bien quelles caractéristiques techniques l'objet devrait avoir pour pouvoir remplir les fonctions qui lui ont été assignées.

(p. 113)

Dans cette optique, nous avons choisi de réaliser les deux premières phases du modèle ADDIE par l'élaboration d'un cahier des charges détaillé (en annexe C).

Dans un autre ordre d'idées, il est possible de comparer le design de l'ingénierie pédagogique à ce que Harvey et Loïselle (2009) nomment la conception de l'objet dans les phases microscopiques de leur modèle. Le parallèle s'établit facilement de par le nom, qui est considéré comme un synonyme (Basque 2004, 2017), mais également par la définition que ces derniers en font. En effet, Harvey et Loïselle (2009) expliquent que la « conception de l'objet permet de situer théoriquement le produit à développer, c'est-à-dire, ses composantes et les liens qui conduisent à l'élaboration d'un modèle général de l'objet pédagogique » (p. 112).

3.2.1 *Le design du simulateur pédagogique*

En nous inspirant de Basque (2004), nous avons, dès l'ébauche du cahier des charges, créé deux sous-sections, soit macrodesign et microdesign, pour élaborer le design de notre simulateur pédagogique. Pour créer cette section, nous avons également extrait tous les éléments pertinents de notre cadre de référence de recherche et les avons placés temporairement et de manière disparate dans notre cahier des charges.

À la suite de la phase d'analyse, lorsque nous en sommes venue à élaborer la phase de design, nous avons changé le terme macrodesign pour *Stratégie pédagogique globale* et celui de microdesign pour *Simulateur pédagogique*. Les raisons ayant mené à un tel changement sont basées sur la définition que Basque (2004) fait de ces termes et sur un souci de favoriser la compréhension des sections par les expertes et experts en denturologie. De plus, notre cadre de référence stipule qu'une simulation doit prendre place dans une stratégie pédagogique globale et préalablement réfléchie (Beaufils et Richoux, 2003; Kaufman, 2010; Samurçay et Rogalski, 1998).

Par la suite, nous avons créé quelques sous-sections qui nous ont permis d'organiser les éléments tirés du cadre de référence. Dans sa première version, la section design se détaillait ainsi :

1. Stratégie pédagogique globale

1) Bases théoriques

2. Simulateur

1) Situations de référence et modèles

2) Fonctions

3) Interface et configuration des écrans

Cette division a beaucoup évolué en cours de conception.

3.2.1.1 Le design de la stratégie pédagogique globale (macrodesign)

Pour créer la stratégie pédagogique globale du simulateur, nous nous sommes appuyée sur tous les concepts de notre cadre de référence. Tout d'abord, nous avons établi les prérequis nécessaires à la séquence d'apprentissage, car selon Bouhadada et Meftah (2008) et Jambon et al. (1998), il n'est pas recommandé de mettre les étudiantes et étudiants en contact avec une simulation avant qu'ils ou elles aient appris les savoirs de base qui y seront mis à profit.

Ensuite, en nous référant au processus type d'apprentissage, développé par le Pôle de l'est (1996) et fondé sur les principes de la psychologie cognitive, nous avons conçu une séquence d'apprentissage qui, au final, vise à permettre à l'étudiante ou à l'étudiant de procéduraliser ses apprentissages concernant les variables mécaniques en prothèses dentaires complètes, grâce à

l'utilisation du simulateur pédagogique, puis à les intégrer dans ses travaux pratiques de montage équilibré.

Dans cet ordre d'idées, la stratégie globale conçue implique sept activités d'apprentissage répondant à chacune des six étapes du processus type d'apprentissage et dont certaines peuvent être répétées selon les besoins pédagogiques. L'étape de l'organisation fait l'objet de deux activités. Ainsi, pour chacune des activités, nous avons déterminé a) le déroulement, b) le ou les buts, c) le ou les rôles de l'enseignante ou de l'enseignant et d) le ou les rôles de l'étudiante ou de l'étudiant. Nous nous sommes assurée de laisser de la latitude à une enseignante ou un enseignant utilisant potentiellement le simulateur, pour qu'il ou elle puisse exercer son jugement professionnel, car selon Samurçay et Rogalski (1998) la gestion didactique de la séance, la gestion de la simulation elle-même et la gestion de la temporalité des séances relèvent de l'enseignante ou de l'enseignant. Il est à noter que toutes ces activités sont présentées dans le cahier des charges du simulateur, disponible à l'annexe C.

Aussi, les notions impliquées dans ces activités d'apprentissage ont toutes été tirées de notre cadre de référence de recherche, entre autres les concepts reliés aux variables mécaniques en denturologie et ceux reliés à la modélisation. En effet, nous croyons qu'en comprenant bien les notions de modèle et de système, les enseignantes et enseignants utilisant le simulateur pédagogique seront en mesure de mieux expliquer la représentation aux étudiantes et étudiants et aussi de mieux comprendre les caractéristiques de l'outil mis à leur disposition; ce qui est essentiel à la bonne conduite d'une activité d'apprentissage impliquant une modélisation (Beaufils et

Richoux, 2003; Legay, 1990; Riopel, 2005). C'est pour cette raison que nous avons choisi d'intégrer ces notions dans les activités d'apprentissage.

Au final, ce segment du cahier des charges a été divisé en quatre sous-sections qui se présentent ainsi :

- 1) Prérequis;
- 2) Activités de révision et bases théoriques (activation, élaboration et organisation);
- 3) Activités utilisant le simulateur (application et procéduralisation);
- 4) Activité suivant l'utilisation du simulateur pédagogique (intégration).

3.2.1.2 Le design de l'outil simulateur (microdesign)

Lorsque nous en sommes venue au design du simulateur à proprement parler, nous avons débuté cette section du cahier des charges avec des informations portant sur la simulation afin que les expertes et experts aient une définition commune lorsque viendra la phase d'évaluation du cahier des charges. De plus, nous croyons que d'établir une définition commune favorisera la communication avec les développeuses et développeurs. Ensuite, nous avons établi le type de simulation retenue, toujours en nous référant à notre cadre théorique de recherche, et nous avons une fois de plus donné les définitions nécessaires à la bonne compréhension de ces éléments par les expertes et experts et les développeuses et développeurs.

Par la suite, nous avons développé le modèle et la situation de référence de notre simulateur pédagogique. Nous avons choisi d'établir la situation de référence qui sera à la base de notre simulateur en fonctions des cas fictifs qui sont déjà abordés dans le cours 110-435-EM et sur

lesquels les étudiantes et étudiants auront à pratiquer leurs apprentissages. Nous avons défini la situation et les modèles de base à partir du semainier de l'enseignante qui a été la dernière à donner l'ensemble de ce cours. Nous aurions pu choisir d'autres cas fictifs qui sont souvent montés dans le cadre du programme de denturologie, mais nous voulions que ce soit le plus cohérent possible avec l'analyse que nous avons préalablement réalisée et selon laquelle nous introduirons le simulateur dans le cadre de ce cours.

Au sein des cas fictifs du cours, nous avons retenu celui qui est le plus simple, c'est-à-dire, le cas présentant une relation centrée normale sans difficulté particulière et près de ce que les étudiantes et étudiants ont déjà comme apprentissages, selon les prérequis établis. Par ailleurs, nous avons octroyé au modèle de base du simulateur, les données de semi-précision qui correspondent à la moyenne de la population et que les étudiantes et étudiants connaissent bien, car leurs cours préalables se basaient sur ces variables. À partir de ce cas, le simulateur permettra la modification des différentes variables. Ainsi, il sera possible de complexifier le cas pour que les étudiantes et étudiants apprennent la résolution de problèmes et la dynamique des variables. Le fait de réfléchir à la complexité de la situation nous amène dans un processus de transposition didactique qui permet de passer d'une situation de travail à une situation d'apprentissage et qui est essentiel à la création d'un simulateur pédagogique (Caens-Martin et al., 2004; Samurçay et Rogalski, 1998).

Tous les éléments dont nous avons tenu compte pour établir le modèle de base, tels que a) le choix des modèles, b) les dents, c) les angles condyliens, d) les angles de Bennett et e) les courbes de compensation provenant du guide de montage Dentsply, visent à garder la situation de

référence simple afin que les étudiantes et étudiants puissent bien se représenter les éléments du modèle et qu'ils soient significatifs pour eux. Ceci leur permettra de prendre en charge le processus de modélisation (Sansevy et Santini, 2006). De plus, cette façon de faire devrait leur permettre une meilleure intégration des apprentissages dans l'activité finale, car c'est exactement le cas qu'ils ou elles auront à monter avec des paramètres légèrement plus complexes, qu'ils ou elles auront eu la chance d'explorer dans le cadre des activités sur simulateur. Si, par exemple, nous avions choisi d'autres dents antérieures ou d'autres modèles de bouche, cela aura pour effet de complexifier le modèle inclus dans le simulateur sans raison valable.

Dans un autre ordre d'idée, nous avons inséré des photos de chacun des paramètres du modèle de base pour faciliter la communication avec les développeuses ou les développeurs qui ne proviendront pas du domaine de la denturologie, car le cahier des charges se veut également un outil de communication interdisciplinaire (Choplin et al., 2000).

Ensuite, nous avons procédé au design des différentes fonctions du simulateur pédagogique. Nous avons d'abord établi les fonctions qui serviront à modifier le modèle de référence lors de l'utilisation du simulateur. Ces fonctions sont fondées sur les notions de notre cadre de référence se rapportant au montage équilibré en prothèses dentaires complètes et aux variables mécaniques y étant reliées. Ainsi, nous avons inclus et défini des fonctions a) de latéralité, b) de protrusion, c) d'ouverture de l'articulateur, d) de changement de degré condylien et d'angle de Bennett, e) de changement de plan occlusal, f) de changement de degré cuspidien, g) de changement de guidage incisif, h) de changement de courbe de compensation, i) de meulage sélectif, j) d'affichage des tracés occlusaux et k) d'affichage de la formule de Thieleman. Par

ailleurs, nous avons choisi de simplifier quelques données des fonctions, comme les degrés condyliens, pour faciliter la programmation et pour garder le système simple (Choplin et al., 2000) afin que les étudiantes et les étudiants soient en mesure de s'y retrouver et que les développeuses ou développeurs soient en mesure de procéder à l'opérationnalisation informatique du simulateur (Choplin et al., 2000). Nous gardons à l'esprit que c'est un simulateur pédagogique et non un simulateur scientifique. En effet, selon notre cadre de référence, les modèles sont étroitement liés aux objectifs ayant mené à leur construction et aux besoins des futurs usagères et usagers (Legay, 1990; Le Moigne, 1987; Paquette, 2002; Sensevy et Santini), ce qui implique de faire des choix quant à la fidélité physique du simulateur en regard des visées pédagogiques attendues par son utilisation (Hebenstreit, 1992; Samurçay et Rogalski, 1998).

Aussi, nous avons élaboré les fonctions plus générales du simulateur pédagogique en nous référant aux contraintes techniques discutées lors de notre phase d'analyse, telles que : a) le compte de connexion et b) le suivi de l'utilisatrice-étudiante ou de l'utilisateur-étudiant. De plus, après avoir établi les mises en situation de la section exercice, nous sommes revenue aux fonctions pour ajouter a) la sélection des versants et des bords incisifs, b) la rotation de l'image, c) le zoom de l'image et d) le verrouillage des éléments de la mise en situation, une fois bien ajustés.

Par la suite, nous avons conçu les exercices à inclure dans le simulateur. Tout d'abord, nous avons créé un exercice d'accueil (tutoriel) qui consistera en une animation interactive qui guidera l'étudiante ou l'étudiant dans l'environnement du simulateur, par la présentation des différentes fonctions de celui-ci et par la découverte de leur représentation à l'écran. Puis, nous avons formulé deux exercices d'application qui permettront aux étudiantes et étudiants de réfléchir sur les tracés

occlusaux en latéralité et en protrusion et de visualiser les contacts entre les dents supérieures et inférieures avant les changements de variables. Les sept autres exercices visent à permettre à l'étudiante ou à l'étudiant d'agir sur les variables reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes selon différents niveaux de difficulté. Ils sont basés sur des mises en situation qui peuvent avoir lieu dans le contexte professionnel d'une ou d'un denturologiste et découlent tous du processus de transposition didactique entrepris au début de la phase de design. En effet, l'utilisation de la simulation implique de définir les situations de références qui y seront simulées, c'est-à-dire les situations de travail à reproduire et qui permettront l'évolution du contexte d'apprentissage (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al., 2004; Masseux et Michau, 1992; Samurçay et Rogalski, 1998). Pour tous les exercices conçus, nous avons donné la mise en situation à inscrire à l'écran et les explications sur la raison d'être de l'exercice et sur les actions à entreprendre dans l'environnement du simulateur.

Finalement, nous avons incorporé une section de configuration des écrans à la phase de design de notre simulateur pédagogique pour mieux représenter la façon dont nous souhaitons voir apparaître les différentes fonctions à l'écran. Nous avons procédé de la sorte, car Choplin et al. (2000) conseillent de porter une attention particulière à la configuration des écrans lors de la conception d'un simulateur pédagogique et parce que Bonnet et al. (2018), lors du développement de leur simulateur de conception de structures métalliques en prothèses partielles amovibles, ont réalisé la configuration des écrans durant la phase de design. Nous avons, par ailleurs, introduit, dans le cahier des charges, une notice qui spécifie que la configuration des écrans sert principalement à orienter la développeuse ou le développeur dans la configuration spatiale des écrans du simulateur en lien avec les fonctions attendues et que tous les rendus ainsi que le design

graphique seront améliorés par les personnes qualifiées lors du développement du simulateur. En effet, nous avons utilisé des photos de vrais montages pour illustrer la représentation, mais avons précisé que celles-ci seront remplacées par la modélisation 3D qui sera réalisée lors de la phase de développement.

Partant de ce fait, nous avons établi qu'il y aurait principalement quatre types d'écrans dont se serviront les étudiantes et étudiants lors de leur utilisation du simulateur, soit : a) l'écran d'accueil, b) l'écran de connexion, c) l'écran de suivi des exercices et d) l'écran en cours d'exercice. Nous avons illustré chacun d'eux dans le cahier des charges. L'élément le plus notable de cette section est que la représentation visuelle de la majeure partie des fonctions préalablement mentionnées, telles que : a) le changement du degré condylien et de l'angle de Bennett, gauches et droits, b) le changement de la courbe de compensation à gauche et à droite, c) le meulage sélectif gauche et droit, d) le changement de plan occlusal, e) le changement de guidage incisif, f) le changement de degré cuspidien, g) le verrouillage des données et f) l'affichage de la formule de Thieleman, se retrouvent dans l'écran en cours d'exercice.

Évidemment, il est impossible de reproduire tout ce qu'une modélisation 3D peut faire à l'aide d'une image, comme ouvrir et fermer l'articulateur ou bouger celui-ci de gauche à droite. Par ailleurs, le zoom de l'image ou la rotation de celle-ci ainsi que les tracés occlusaux, qui sont observables lorsque le montage est ouvert, sont eux aussi difficiles à illustrer. Cependant, comme le but de cette section est d'avoir une idée globale de l'organisation visuelle de l'écran et un point de départ commun avec les personnes qui développeront le simulateur pédagogique, et que, par ailleurs, ces fonctions et leur activation sont bien expliquées dans une section précédente du cahier

des charges, nous considérons que le fait que l'image soit statique ne devrait pas être problématique. En outre, il est à prévoir que les personnes qui réaliseront la phase de développement du simulateur pédagogique suggéreront l'ajout de plusieurs éléments concernant les écrans, compte tenu de leurs compétences en modélisation 3D, en design graphique et en programmation, qui, malheureusement, nous font défaut.

En résumé, les principaux éléments de la phase de microdesign du simulateur ont été présentés dans le cahier des charges de la façon suivante :

- 1) Type de simulation retenue;
- 2) Modèle et situation de référence;
- 3) Fonctions;
- 4) Exercices;
- 5) Configuration des écrans.

Il est à noter que, vu l'ampleur du cahier des charges, nous y avons inséré une table des matières, une liste des figures et une liste des tableaux. De plus, nous y avons inscrit les références bibliographiques utilisées et avons ajouté une licence *Creative Commons* pour protéger nos images personnelles s'y retrouvant.

3.3 Le développement

La phase de développement, qui se nomme aussi phase de production ou phase de réalisation (Basque 2004, 2017; Deschamps, 2015), sert à donner forme au système d'apprentissage en se basant sur les deux phases précédentes (Deschamps, 2015; Robert, 2016).

C'est au cours de cette phase que la réalisation concrète et physique du système d'apprentissage a lieu. Tout dépendant du type de système élaboré lors des étapes précédentes, il est possible que cette réalisation débouche sur du matériel physique (hardware), tel que des documents, des constructions, des expériences de laboratoire, ou sur un logiciel (software), tel qu'une application web, une page web, un exerciceur ou autre (Deschamps, 2015; Robert, 2016).

Cette phase de l'ingénierie pédagogique s'apparente à la phase microscopique de réalisation du modèle de Harvey et Loisel (2009), que ces auteurs définissent comme la phase où il est « possible de réaliser concrètement l'élaboration de l'objet » (p. 112).

3.3.1 Le développement du simulateur pédagogique

Selon Loisel (2001), une recherche développement peut se limiter à l'étude du processus de création du produit. Compte tenu de l'ampleur de ce projet, nous ne nous sommes pas rendue à la phase de développement du simulateur pédagogique, car sa réalisation dépasserait le cadre d'un essai professionnel.

Cependant, nous avons soumis notre simulateur à l'appel de projets annuel 2020 du CCDMD afin de nous aider à engager les ressources humaines et financières nécessaires à la conduite de la phase de développement de notre simulateur pédagogique. Notre candidature a été retenue ce qui laisse présager la poursuite de ce projet après le dépôt de cet essai.

3.4 L'implantation

Cette phase, aussi nommée phase de diffusion ou d'implémentation, permet de rendre le système d'apprentissage disponible à la clientèle cible (Basque 2004, 2017; Deschamps, 2015; Robert, 2016). Il est à noter que dans le modèle de Harvey et Loiselle (2009), la ligne entre les phases de développement et d'implantation n'est pas aussi clairement tracée que dans l'ingénierie pédagogique. Selon Harvey et Loiselle (2009), « dans le cadre du développement de produit informatisé, [réaliser concrètement l'élaboration de l'objet] s'agira alors de la phase d'implémentation qui permettra le paramétrage des éléments décrits à la phase de conceptualisation de l'objet » (p. 112-113).

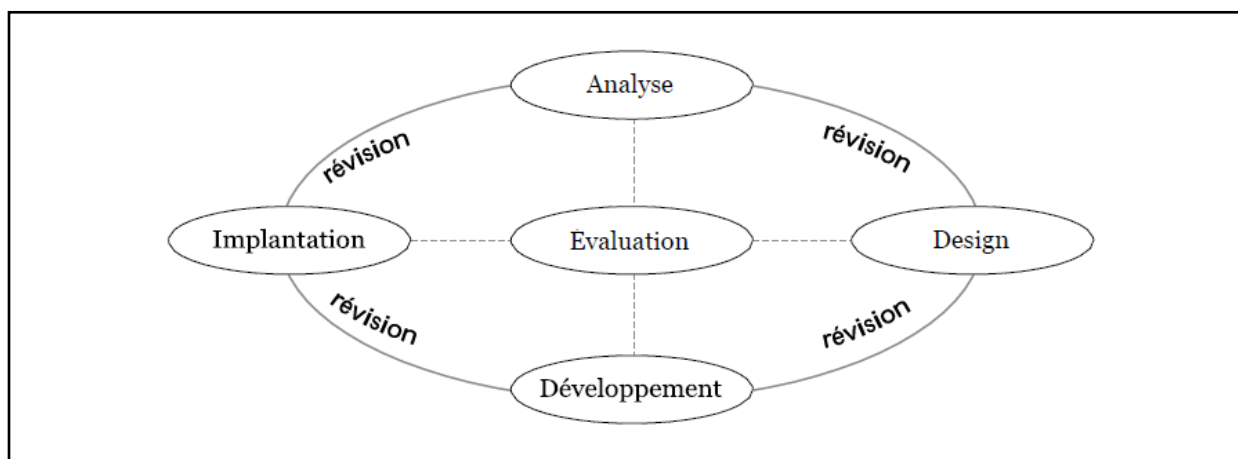
En contrepartie, il ne faut pas confondre cette phase d'implantation avec la phase de rédaction et diffusion des rapports du modèle de Harvey et Loiselle (2009), car bien qu'utilisant une certaine terminologie commune, elles ne poursuivent pas les mêmes buts. Rappelons que la phase microscopique de diffusion des rapports relève de la phase macroscopique des résultats et non de l'opérationnalisation de la recherche.

3.4.1 *L'implantation du simulateur pédagogique*

Tel que mentionné précédemment, nous ne nous rendrons pas à la phase de développement du simulateur pédagogique dans le cadre de cet essai, ni à la phase d'implantation. En effet, nous ne pourrons rendre le système d'apprentissage disponible à la clientèle cible qu'une fois qu'il aura été développé.

3.5 L'évaluation

La phase d'évaluation sert à porter un jugement sur l'efficacité, la qualité ou toute autre dimension du système d'apprentissage et aide à l'amélioration de ce dernier (Basque 2004, 2017; Deschamps, 2015; Robert, 2016). Ces auteurs soulignent que cette phase peut être appliquée tout au long du processus d'ingénierie et non seulement à la fin, ce qui introduit le concept de boucles de rétroaction itératives ou de révision des différentes phases (Basque, 2004, 2017; Robert, 2016). Nous avons retenu le modèle de Gustafson et Branch (2007), traduit par Basque (2017), pour mieux illustrer la place centrale que peut prendre la phase d'évaluation dans le processus d'ingénierie pédagogique. Nous présentons ce modèle à la figure 8.



Source. Basque, 2017, p. 5

Figure 8. Le modèle ADDIE tel que représenté par Gustafson et Branch (2007)

Par ailleurs, il est possible de mettre cette phase en parallèle avec les phases microscopiques de mises à l'essai et de validation du modèle d'Harvey et Loisel (2009). En effet, Basque (2017) soutient que l'évaluation prend généralement la forme d'une mise à l'essai qui peut se tenir auprès

d'expertes et d'experts, pédagogiques ou provenant du domaine visé, ou encore auprès d'un nombre restreint de représentantes et représentants du public cible. Dans le modèle ADDIE, la validation telle qu'entendue par Harvey et Loiselle (2009), correspondrait ainsi à une évaluation, auprès d'une plus grande proportion de la clientèle cible, en fin de processus, soit après la phase d'implantation.

3.5.1 L'évaluation de la conception du simulateur pédagogique

Dans la poursuite de l'objectif spécifique de cette recherche traitant de la validation de la conception du simulateur auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie, une phase d'évaluation du cahier des charges a été conduite.

La phase d'évaluation a eu lieu sous la forme d'un questionnaire sur un support numérique et a permis aux expertes et experts en pédagogie de la denturologie de réviser l'ensemble des éléments constituant les phases d'analyse et de design du simulateur pédagogique et de donner leur opinion sur celles-ci. Cette évaluation sera décrite dans les sections suivantes de ce chapitre.

4. LES TECHNIQUES ET LES INSTRUMENTS DE COLLECTE DE DONNÉES

Les travaux d'Harvey et Loiselle (2009) en recherche développement suggèrent que les outils de collecte de données soient choisis afin qu'ils permettent d'amasser des données tout au long du processus de conception. Pour ce faire, ces derniers conseillent l'utilisation du journal de bord de la chercheuse, technique que nous avons retenue.

Pour recueillir de l'information sur les perceptions des participantes et des participants sur leur utilisation du produit, Loisel et Harvey (2007) suggèrent a) la tenue d'un journal de bord par les participantes et les participants, b) des entrevues individuelles, c) des groupes de réflexion ou d) l'utilisation de questionnaires présentant des questions ouvertes et fermées. Dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi la méthode du questionnaire pour la constance qu'il offre d'un questionnaire à l'autre, ce qui permet de comparer les résultats obtenus (Fortin et Gagnon, 2016) et pour l'anonymat des réponses qui « rassure les participants et les incite à exprimer leur opinion librement » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 332). Ce dernier élément est primordial étant donné le fait que la recherche a été réalisée dans l'environnement de travail de la chercheuse. Les personnes impliquées dans la validation du simulateur pourraient avoir plus de réserves à exprimer honnêtement leur point de vue lors d'entrevues individuelles.

4.1 Le journal de bord de la chercheuse

Le journal de bord de la chercheuse a été l'outil central de la collecte des données lors de l'opérationnalisation du simulateur pédagogique. Rédigé de manière systématique dans un document de traitement de texte, il permet de suivre l'ensemble de nos réflexions face à l'expérience de développement. Il a aussi été utile à la triangulation des données lors de l'interprétation des résultats. Nous y avons consigné a) nos impressions et les sentiments qui nous ont assailli pendant la recherche, b) la nature des décisions prises, c) nos réflexions associées au processus de développement, d) les éléments considérés tout au long du processus de développement et e) les événements jugés importants (Loisel et Harvey, 2007; Savoie-Zajc, 2018).

4.2 Le questionnaire

Pour créer le questionnaire d'évaluation du cahier des charges (en annexe D), nous nous sommes d'abord basée sur les travaux d'essai antérieurs qui ont un lien avec notre recherche, soit par l'utilisation du modèle ADDIE, soit par la conduite d'une recherche développement ou par une combinaison des deux. Nous nous sommes finalement inspirée des travaux de Deschamps (2015), de Noreau (2018) et de Robert (2016) pour élaborer notre questionnaire, mais en les adaptant à nos objectifs spécifiques de recherche et à notre cahier des charges.

Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser le volet formulaire du logiciel *Microsoft Forms*. Notre choix s'est arrêté sur ce logiciel, car il permet à la fois de paramétrer l'anonymat des réponses et de s'assurer, dû au fait que la suite *Office 365* est implantée au CEM, que nous recevions bien une seule réponse par personne. En effet, nous autorisons uniquement les retours de formulaire par le biais de l'adresse de courrier électronique professionnel. De plus, le logiciel permet de rendre des questions obligatoires ou non et renferme les différents types de questions dont nous avons besoin, tels que l'échelle de Likert et les questions à développement. Par ailleurs, ce logiciel compile les données de façon automatique, ce qui facilite la présentation des résultats.

Lors de la construction du questionnaire, nous avons d'abord établi trois sections, soit : a) l'analyse, b) le design et c) l'appréciation globale, dans le but de répartir les questions en respect de l'organisation du cahier des charges de notre simulateur et de permettre à la participante ou au participant de bien faire le lien entre les différentes parties du questionnaire et le cahier des charges. Sous recommandation de notre directrice d'essai, nous avons, par la suite, ajouté la section expérience des enseignantes et des enseignants en denturologie, au début du questionnaire. Enfin,

nous avons complété le tout par une page d'introduction et avons validé le questionnaire auprès de notre directrice et de notre codirectrice d'essai.

4.2.1 La section portant sur l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie

Cette section regroupe quatre questions. Les deux premières abordent les années d'expérience en enseignement des participantes et participants et leur formation spécifique en pédagogie. Dans le cadre de ces questions, nous nous sommes assurée d'établir des catégories qui ne permettent pas d'identifier la participante ou le participant et nous avons, par ailleurs, donné l'option de ne pas répondre, si la personne sentait que la question brimait son anonymat.

Les deux dernières questions de cette section portent sur les cours ayant un lien avec les compétences touchées par le simulateur. Nous avons demandé aux personnes quels cours, en lien avec les deux différentes compétences, elles ont eu l'occasion de donner durant leur parcours professionnel.

4.2.2 La section portant sur l'analyse

Cette section traite du segment portant le même nom dans le cahier des charges du simulateur et comporte cinq questions fermées à échelle de Likert entrecoupées de cinq questions ouvertes. Chacun des thèmes de l'analyse, soit : a) le contexte de développement du simulateur, b) la clientèle cible et les besoins pédagogiques, c) les contraintes techniques, d) les ressources disponibles et e) les ressources nécessaires, fait l'objet d'une question fermée obligatoire et d'une question ouverte facultative. Chaque question fermée inclut un nombre variable d'énoncés qui abordent tous les éléments du cahier des charges. La question ouverte, pour sa part, permet à la

participante ou au participant d'ajouter ses commentaires ou ses impressions sur le thème, s'il ou elle en ressent le besoin.

Nous nous sommes assurée que les questions et les énoncés de notre questionnaire soient compréhensibles, clairs et concis dans le but d'obtenir des réponses précises (Fortin et Gagnon, 2016). De plus, nous avons veillé à ce qu'ils expriment une seule idée et qu'ils ne soient pas tendancieux, c'est-à-dire qu'ils n'orientent pas les réponses des participantes et participants. En définissant les termes techniques dans le cahier des charges, nous nous sommes assurée de leur bonne compréhension par les personnes participant à la recherche, et ce dans le but de consolider la crédibilité de nos résultats (Fortin et Gagnon, 2016). Par ailleurs, les énoncés ont, eux aussi, été ordonnés selon l'ordre d'apparition de chaque élément dans le cahier des charges pour faciliter l'aller-retour entre ce dernier et le questionnaire.

D'autre part, les questions fermées ont été jumelées à une échelle de Likert à cinq points qui servait à déterminer le degré d'accord ou de désaccord de la personne avec l'affirmation. L'échelle utilisée, à quelques exceptions près, était la suivante :

1. Tout à fait d'accord;
2. Plutôt d'accord;
3. Ni en accord, ni en désaccord;
4. Plutôt en désaccord;
5. Tout à fait en désaccord.

En effet, nous avons ajouté l'option *Je ne sais pas* aux questions portant sur les ressources disponibles et sur les ressources nécessaires. De fait, selon nos connaissances du contexte professionnel de denturologiste, il est possible que certaines personnes participant à la recherche n'aient pas eu l'occasion d'explorer les logiciels CFAO du domaine dentaire ou ne connaissent pas les ressources nécessaires à la mise en place d'un simulateur pédagogique.

4.2.3 *La section portant sur le design*

Cette section a été construite exactement de la même manière que la section précédente, mais elle traite du segment design du cahier des charges. Elle comporte quatre questions, dont deux ouvertes et deux fermées qui incluent un nombre variable d'énoncés. Les questions de cette section sont regroupées sous deux thèmes, soit a) le design de la stratégie globale et b) le design du simulateur pédagogique. Nous avons uniquement utilisé l'échelle en cinq points dans celle-ci.

4.2.4 *La section portant sur l'appréciation globale*

Cette section du questionnaire vise à recueillir les impressions des participantes et des participants sur l'ensemble du projet. Les aspects globaux traités par une échelle de Likert en cinq points portent sur le document présenté, les visées de modélisation et d'apprentissage du simulateur pédagogique et la pertinence du projet.

Nous avons complété la section par trois questions ouvertes obligatoires qui demandent si le simulateur pourrait être utilisé dans d'autres cours du programme, les éléments les plus appréciés dans l'ensemble du projet et les points à améliorer.

4.2.5 La page d'introduction du questionnaire

Nous avons créé une page d'introduction pour orienter la participante ou le participant lors du remplissage du questionnaire. Nous avons tout d'abord rappelé le but du questionnaire. Ensuite, nous avons donné les consignes pour bien effectuer la tâche et rappelé le temps approximatif nécessaire pour la mener à bien. Puis, nous avons souligné les considérations éthiques desquelles ils ou elles avaient déjà été informés par le biais du formulaire de consentement, entre autres en ce qui a trait à l'anonymat, à la confidentialité et à la conservation des données. Finalement, nous les avons remerciés de leur implication dans le projet.

Pour être en mesure de donner des consignes valables aux participantes et participants et pour éviter les éléments problématiques, nous avons effectué quelques tests avec l'aide de notre codirectrice d'essai en ce qui a trait au paramétrage du logiciel *Forms*.

5. LES PARTICIPANTES ET PARTICIPANTS

Notre simulateur pédagogique s'adressera ultimement aux étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit et servira à soutenir la modélisation et l'apprentissage des variables reliées au montage équilibré en prothèses complètes amovibles. Étant donné l'ampleur du projet, cette recherche ne s'est pas rendue à la phase de développement de l'objet pédagogique, selon le modèle ADDIE, et se limite aux phases d'analyse et de design ainsi qu'à l'évaluation de ces dernières. En effet, selon Loisel (2001), une recherche développement peut « se limiter à l'étude du processus de création et d'amélioration du produit en laissant à des recherches ultérieures le soin de faire la preuve scientifique de l'efficacité du produit

ou de faciliter son implantation dans le milieu » (p. 87). C'est pour cette raison que nous avons choisi d'orienter les objectifs spécifiques de cet essai vers la validation de la conception du simulateur pédagogique par des expertes et experts en pédagogie de la denturologie, plutôt que vers des mises à l'essai auprès d'étudiantes et étudiants.

5.1 La population

Nous croyons qu'en faisant appel à des enseignantes et à des enseignants en denturologie, nous serons à même de valider que le simulateur réponde bien aux besoins d'apprentissage des étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie et qu'il simule adéquatement les variables du montage équilibré, reconnues dans le domaine. Comme le mentionnent Fortin et Gagnon (2016), « la population cible désigne le groupe de tous les éléments qui satisfont aux critères de sélection déterminés et pour lesquels on souhaite généraliser les résultats » (p. 261). Ainsi, la population cible de cette recherche regroupe tous les expertes et experts en pédagogie de la denturologie, incluant ceux qui enseignent au Québec, en Ontario, en Alberta, en Colombie-Britannique ainsi que dans les dix-huit⁹ autres pays où la denturologie est reconnue. Pour être qualifié d'experte ou d'expert en pédagogie de la denturologie, la participante ou le participant doit être denturologiste et enseigner au sein d'un programme de formation en denturologie.

9 Australie, Chypre, Danemark, Finlande, France, Espagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Italie, Malte, Nouvelle-Zélande, Pologne, Saint-Kitts-et-Nevis, Slovaquie, Afrique du Sud, Suisse, Hongrie, États-Unis (Association des denturologistes du Canada, 2018).

La population accessible, pour sa part, « désigne la portion de la population cible pour laquelle le chercheur peut avoir un accès raisonnable » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 261). Le facteur d'accessibilité de la population peut, entre autres, découler de la distance géographique entre la chercheuse ou le chercheur et les différents éléments constituant la population cible (Fortin et Gagnon, 2016). Dans cet ordre d'idées, il a été déterminé que la population accessible de cette recherche inclut les expertes et experts en pédagogie de la denturologie qui enseignent au Québec, dans la seule école qui offre le programme Techniques de denturologie, soit le cégep Édouard-Montpetit de Longueuil. Pour être considéré comme une experte ou un expert en pédagogie de la denturologie, la personne doit être denturologue, soit membre en règle de l'Ordre des denturologistes du Québec et avoir enseigné au département de denturologie du cégep Édouard-Montpetit au courant des deux dernières années. Selon, les critères susmentionnés la population accessible pour cette recherche comprend treize personnes, incluant la chercheuse.

5.2 L'échantillon

La méthode d'échantillonnage retenue pour cette recherche est de type non probabiliste intentionnel. Partant du fait que la composante majeure de notre recherche est qualitative et que cette dernière fournit la direction générale de l'étude, nous avons opté pour une méthode d'échantillonnage couramment employé dans les recherches qualitatives et qui permet la sélection de personnes desquelles on souhaite obtenir des données significatives et riches de sens (Fortin et Gagnon, 2016). Dans cette optique, selon Savoie-Zajc (2018), un échantillon rigoureux en recherche qualitative est intentionnel et est sélectionné pour répondre aux objectifs de la recherche en s'appuyant sur des critères déterminés à partir du cadre de référence. Ces critères menant à

l'échantillonnage intentionnel doivent être précis et représentatifs du phénomène à l'étude (Fortin et Gagnon, 2016). Ainsi, le fait de choisir des enseignantes et enseignants en denturologie du CEM permet d'évaluer les composantes pédagogiques et denturologiques du simulateur, qui s'appuient sur notre cadre de référence, et répond à l'objectif de validation de la conception du simulateur; ce qui, en conséquence, confirme la rigueur de notre échantillon.

À la session automne 2020, dix expertes et experts en pédagogie de la denturologie, incluant la chercheuse, avaient une tâche d'enseignement au cégep Édouard-Montpetit, trois autres personnes respectant les critères de sélection n'enseignaient pas durant cette session. Nous avons sollicité la participation des 12 personnes constituant la population accessible, la chercheuse étant exclue du nombre. Néanmoins, le recrutement initial a légèrement différé selon le fait que la personne enseignait ou non à l'automne 2020.

En effet, nous avons d'abord présenté notre projet aux enseignantes et enseignants en poste à l'automne 2020, en personne, lors d'une réunion de département et nous avons par le fait même procédé à leur recrutement. En opérant de cette manière, nous avons immédiatement pu répondre aux questions générales qui émanaient quant à leur implication dans le projet. Par la suite, nous leur avons remis deux copies imprimées du formulaire de consentement éclairé (en annexe E), une qui devait être signée et retournée à la chercheuse pour accepter de participer au projet de recherche, et l'autre qui pouvait être conservée.

En ce qui a trait aux enseignantes et enseignants sans tâche à l'automne 2020, nous leur avons transmis un courriel expliquant notre projet, avons mis le formulaire de consentement éclairé en pièce jointe et leur avons expliqué qu'il ou elle devait nous retourner une copie signée de ce

formulaire par courriel pour participer au projet. Dans ce même message, nous les avons encouragés à communiquer avec nous par téléphone ou par courriel, s'ils ou elles avaient des questions face au projet. Une personne a communiqué avec nous pour obtenir plus de renseignements.

Nous avons tout d'abord octroyé un délai d'une semaine de réflexion aux personnes sollicitées pour nous retourner le formulaire de consentement éclairé. Durant cette période, huit personnes ont accepté de participer à la recherche. Au terme de ce délai, nous avons procédé à une relance par courriel auprès des 12 expertes et experts et avons prolongé de cinq jours la période de retour des formulaires de consentement éclairé. En réponse à la relance, une personne a communiqué avec nous, car elle souhaitait avoir des précisions sur le temps alloué au projet et les délais de réponse au questionnaire d'évaluation du cahier des charges. Au final, deux personnes supplémentaires ont signé le formulaire de consentement durant cette période. Ainsi, 10 personnes sur 12, soit 83,3 % ont accepté de participer au projet. Une participante ou un participant s'est désisté en cours d'étude, sans mentionner les raisons et sans communiquer avec la chercheuse, ce qui donne un taux de participation réel de 75,0 %.

La limite de cet échantillon est sa petite taille, vu le nombre restreint d'individus faisant partie de la population accessible. Cependant, « il est essentiel que l'échantillon reflète bien la population cible » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 278). Par ailleurs, en recherche qualitative, si « le sujet à l'étude est clair et que l'information s'obtient facilement [...], un plus petit échantillon sera suffisant » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 279). Ainsi, nous croyons que les données recueillies lors de notre recherche ne sont pas de nature sensible et que les participantes et participants peuvent

aisément communiquer leurs impressions en regard du cahier des charges portant sur la conception du simulateur pédagogique, phénomène renforcé par l'anonymat des réponses, ce qui favorise l'atteinte de la saturation des données et légitimise notre échantillon de plus petite taille (Fortin et Gagnon, 2016).

6. LA PROCÉDURE DE COLLECTE DE DONNÉES

Une fois le consentement des participantes et participants obtenu, nous leur avons transmis par courriel, une version numérique du cahier des charges du simulateur pédagogique et le lien vers le questionnaire numérique d'évaluation de ce dernier. De plus, par le biais de ce message, nous leur avons rappelé qu'il était préférable : a) de lire le cahier des charges avant de compléter le questionnaire et b) d'avoir ce dernier à leur disposition lors du remplissage du questionnaire. Par ailleurs, nous les avons également incités à répondre aux questions honnêtement afin de contrer le facteur de désirabilité sociale et les avons informés du délai de 14 jours pour le retour du questionnaire.

Il est à noter que pour favoriser le remplissage du questionnaire, nous avons également remis une copie reliée, imprimée en noir et blanc, du cahier des charges aux participantes et participants qui avaient une tâche d'enseignement à la session automne 2020, car il était possible pour nous de la laisser sur leur bureau du CEM. Nous avons choisi l'impression noir et blanc par souci de budget d'impression. Nous nous sommes dit que tous avaient accès à une copie numérique en couleur pour visualiser la configuration des écrans, ce que nous avons d'ailleurs précisé dans le courriel contenant le questionnaire et le cahier des charges. Il nous était impossible de procéder de même pour les participantes et participants à distance, vu les délais de poste allongés et les

contraintes mises en place durant cette période (COVID-19). Ceux-ci ont donc reçu une version numérique uniquement du cahier des charges.

Dans le courriel de relance, que nous avons transmis une semaine plus tard, nous avons rappelé la date limite de retour des questionnaires et avons rappelé à toutes et tous qu'ils et elles avaient en leur possession une version numérique en couleur du cahier des charges dans le courriel qu'ils avaient reçu. Ce rappel découlait du fait que nous avions lu les premiers questionnaires qui nous avaient été retournés à ce moment-là et qu'une participante ou un participant avait émis un commentaire sur l'aspect noir et blanc de la configuration des écrans du cahier des charges.

À l'expiration du délai initial, nous avons transmis un dernier courriel aux participants et participantes pour les informer que nous prolongions le délai de retour des questionnaires de trois jours et leur y avons rappelé qu'ils et elles étaient libres de se désister à tout moment, sans avoir à motiver leur décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

Au final, cinq personnes ont répondu entre l'envoi initial et la première relance, trois personnes ont répondu entre la première relance et l'expiration du délai. Une personne a communiqué avec nous pour obtenir un délai de réponse supplémentaire aux trois jours octroyés lors de la deuxième relance et une personne a abandonné l'étude sans communiquer avec nous. Les résultats obtenus lors de la phase d'évaluation du simulateur pédagogique sont présentés dans le quatrième chapitre de l'essai.

7. LES MÉTHODES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Une fois la collecte de données terminée, nous avons révisé chacun des questionnaires afin de nous assurer que l'information qui y est contenue est admissible et utilisable (Fortin et Gagnon, 2016), ce qui a été le cas pour l'ensemble des questionnaires qui nous ont été retournés. Par la suite, chaque personne ayant participé à la recherche a été identifiée par la lettre E (pour experte ou expert) et par le chiffre attribué par le logiciel *Microsoft Forms* selon l'ordre de retour des questionnaires. Nous avons procédé de la sorte pour que les données soient anonymisées et attribuées au bon sujet (Fortin et Gagnon, 2016). Les données de nature catégorielle nominale et celles de nature narrative ont été traitées différemment. Dans les prochaines sections, nous expliquons de quelle façon les deux différents types de données ont été traités.

7.1 Le traitement et l'analyse des données catégorielles nominales

Rappelons que le questionnaire a été construit en quatre sections. La première comporte uniquement des questions fermées à choix multiples et vise à définir l'expérience des participantes et participants. Les trois dernières contiennent chacune des questions fermées et ouvertes regroupées selon les thèmes ayant servi à élaborer le cahier des charges ou portant sur l'appréciation générale du projet. Ainsi, chaque thème est en premier lieu abordé par une question générale fermée contenant un nombre variable d'énoncés à évaluer sur une échelle de Likert. Étant donné que les énoncés ne sont pas numérotés dans le logiciel *Forms*, nous les avons numérotées en tenant compte du numéro général de la question et en leur attribuant un sous-numéro dans

l'ordre¹⁰. Ainsi, le repérage de chaque énoncé lors de la présentation et de l'interprétation des résultats s'en trouve facilité.

Pour analyser ces données catégorielles nominales issues des questions fermées du questionnaire, nous avons eu recours à l'analyse statistique descriptive. Les procédés statistiques retenus sont la distribution de fréquence absolue et la fréquence relative, aussi appelée le pourcentage. Nous avons privilégié ces procédés statistiques, car ils ont pour particularité de prendre en compte toutes les données d'un échantillon et ils permettent de les traduire sous forme de graphique ou de tableau (Fortin et Gagnon, 2016). Ce qui, au final, facilite la compréhension des données provenant des questions fermées (Fortin et Gagnon, 2016) et permet de les mettre en relation avec les analyses de contenu obtenues lors du traitement des questions ouvertes et du journal de bord.

7.2 Le traitement et l'analyse des données narratives

Il est à noter que, dans les sections concernant l'analyse et le design, chacun des thèmes du cahier des charges a également fait l'objet d'une question ouverte facultative visant à amener des précisions lorsque l'experte ou l'expert en ressentait le besoin. De plus, trois questions ouvertes obligatoires se trouvaient à la fin du questionnaire dans la section sur l'appréciation globale du projet.

¹⁰ Par exemple, selon le système décrit, le numéro du troisième énoncé touchant à la clarté de la problématique et découlant de la cinquième question, qui elle portait sur le contexte de développement du simulateur, est 5.3.

Nous avons d'abord traité ces données en ramenant l'ensemble de celles-ci dans un niveau de français standard et en retirant tous les éléments permettant d'identifier le genre de la personne dans son propos, par l'utilisation des doublets abrégés. En effet, compte tenu de l'échantillon très petit et très ciblé de notre recherche, nous ne voulons pas causer de préjudice aux participantes et participants et nous voulons nous assurer de préserver l'anonymat de ceux-ci.

Comme conséquence du passage au français standard, les termes anglais ont été modifiés par leur version française, les fautes d'orthographe et de grammaire ont été corrigées et les abréviations se rapportant au domaine de la denturologie ont été réécrites au long¹¹. Par souci de fiabilité, nous nous sommes assurée de ne dénaturer d'aucune façon le propos de la personne par ce traitement, ainsi la syntaxe n'a pas été revue et les éléments mis entre guillemets par la participante ou le participant ont été conservés dans leur forme initiale.

Par la suite, nous avons utilisé la technique de l'analyse de contenu pour interpréter les données narratives issues des questions ouvertes du questionnaire et du journal de bord. Tout d'abord, nous avons fait la révision des données narratives afin de nous immerger dans celles-ci et d'en découvrir les possibilités d'analyse (Dionne, 2018; Fortin et Gagnon, 2016). Cette façon de procéder a permis de faire ressortir les thèmes saillants des données. Pour ce faire, nous avons

¹¹ Voici quelques exemples des modifications apportées, « excellent outils » a été transformé en « excellent outil », le terme « habilité », qui se rapporte au vocabulaire juridique, a été remplacé, lorsque nécessaire, par « habileté » qui est utilisé dans le sens de savoir-faire, le terme « user guide » a été changé pour « guide de l'utilisateur » et l'abréviation « RC » est devenue « relation centrée ».

fragmenté les données en unités d'analyse, soit en « segment[s] de texte qui exprime[nt] un sens complet » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 364), et nous les avons associées à une catégorie. Nous ne nous sommes pas basée sur des catégories prédéterminées, car il est recommandé de procéder de façon inductive lors de l'analyse des données selon cette méthode (Fortin et Gagnon, 2016; Loiselle et Harvey, 2007).

8. LES CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

Dans la conduite de ce projet, nous avons porté une attention particulière au respect des aspects éthiques de la recherche. Cette section met en lumière les moyens entrepris pour répondre aux principes de respect des personnes, de bien-être et de justice qui conjointement servent à ne porter aucune atteinte à l'intégrité ou à la vie privée de la personne participant à la recherche (Fortin et Gagnon, 2016; Hobeila, 2018).

Pour assurer le respect des personnes, cet essai a suivi le *Cheminement des essais de maîtrise Performa au cégep Édouard-Montpetit* (CEM, 2019h). Le projet a tout d'abord été déposé à la responsable du Service de la recherche du CEM pour une évaluation de la convenance institutionnelle. Il a par la suite été soumis au secteur Performa pour une demande d'évaluation éthique. Puis, une fois l'attestation de conformité éthique Performa reçue (en annexe F), nous l'avons présentée au Service de la recherche du CEM et avons obtenu l'approbation finale nous autorisant à procéder au recrutement des participantes et participants dans l'établissement.

Dans le même ordre d'idée, un formulaire de consentement éclairé (en annexe E) a été remis à chaque personne recrutée. Il comprenait toutes les informations leur permettant de prendre

une décision libre et éclairée quant à leur choix de participer ou non au projet de recherche (Hobeila, 2018). Le formulaire expliquait, entre autres, a) les modalités de participation au projet, b) les risques et les avantages d'y participer et c) les coordonnées de la chercheuse pour obtenir plus d'informations sur le projet. Il leur rappelait que leur participation se faisait sur une base volontaire et qu'il ou elle était libre de se retirer à tout moment sans qu'aucun préjudice ne soit à prévoir. Nous avons accordé un temps de réflexion de 12 jours à ces personnes afin de « leur permettre de poser les questions nécessaires et de reconsidérer leur participation librement » (Hobeila, 2018, p. 68).

Afin de minimiser les risques et d'assurer le bien-être des personnes, nous avons collecté les données de façon entièrement anonyme en paramétrant le questionnaire numérique de façon à ce que l'identification de la répondante ou du répondant par la chercheuse ne soit pas possible. De plus, aucune donnée nominative ou permettant l'identification de la personne répondante n'a été recueillie par le biais des questions. Par ailleurs, l'ensemble des données ont été traitées de façon globale et de manière à empêcher l'identification des personnes participantes lors de la divulgation des résultats de la recherche, entre autres par l'utilisation des doublets abrégés lorsque la personne identifiait son genre dans ses propos. Aussi, le traitement accompli sur les données narratives, qui transpose l'ensemble de celles-ci dans un français standard, vise également à préserver le bien-être des personnes et à ne causer aucun préjudice aux participantes et participants provenant de cette population facilement identifiable. Par ailleurs, nous nous sommes assurée d'inscrire en copie conforme invisible (Cci) tous les destinataires de chacun des courriels que nous avons transmis, afin de prévenir l'identification des participantes et participants par les autres destinataires. Nous

avons rappelé à plusieurs reprises les différents aspects éthiques impliqués dans les communications que nous avons eues avec les participantes et les participants.

Dans la poursuite du même objectif de bien-être, nous avons pris en considération la confidentialité dans la conduite de notre projet. Ainsi, les formulaires de consentement éclairé complétés par les personnes participantes sont conservés sous clé au domicile de la chercheuse. De surcroît, les données recueillies via le questionnaire numérique ont été regroupées sur une clé USB protégée par un mot de passe qui est, elle-même, gardée sous clé au domicile de la chercheuse. Les seules personnes qui peuvent y avoir accès sont la chercheuse, sa directrice d'essai et sa codirectrice d'essai. En ce qui a trait au délai de conservation des données recueillies, ces dernières seront détruites en 2025. Il est à noter que ces informations ont été transmises aux participantes et participants par le biais du formulaire de consentement libre et éclairé et ont été rappelées dans l'introduction du questionnaire d'évaluation du cahier des charges.

Finalement, le principe de justice a été respecté par le recrutement, au sein la population accessible, de l'ensemble des individus respectant les critères de sélection. Ainsi, toute personne ayant enseigné au département Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit au courant des deux dernières années et étant membre de l'Ordre des denturologistes du Québec a eu une chance égale de participer à la recherche, qu'elle soit en poste ou non à la session automne 2020. De plus, les risques et bénéfices ont été les mêmes pour l'ensemble des participantes et des participants. Les risques étaient minimes et relevaient principalement du temps investi dans le projet tandis que les bénéfices se résumaient à leur contribution à l'avancement des connaissances concernant les simulateurs pédagogiques et la modélisation des variables mécaniques en prothèses

dentaires complètes amovibles, l'amélioration de la pratique enseignante de la chercheuse et leur participation à la création de matériel didactique propre au domaine de la denturologie.

9. LA RIGUEUR ET LA SCIENTIFICITÉ

Cette recherche s'inscrit dans le paradigme pragmatique et est de nature mixte à prédominance qualitative. Dues à cette prédominance qualitative, la rigueur et la scientificité de cette recherche sont donc basées sur les critères suivants : a) la crédibilité, b) la transférabilité, c) la fiabilité et d) la confirmabilité (Fortin et Gagnon, 2016). Pour assurer la crédibilité de la recherche, nous nous sommes assurée de rapporter les phénomènes vécus par les participantes et les participants avec exactitude (Fortin et Gagnon, 2016). Par ailleurs, nous avons porté une attention particulière au facteur de désirabilité sociale qui pouvait avoir lieu du fait que la recherche était conduite dans l'environnement de travail de la chercheuse. Ainsi, dans le texte de présentation du questionnaire et dans le message de transmission du cahier des charges et du questionnaire, nous avons rappelé aux participantes et participants que les réponses étaient recueillies dans l'anonymat et leur avons demandé de répondre de manière honnête à chacune des questions. Puis, toujours dans un souci de crédibilité, nous avons procédé par triangulation des données, « qui consiste à faire usage de multiples sources de données » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 377), grâce à la mise en relation des réponses aux questions fermées et ouvertes du questionnaire et des décisions prises et inscrites au journal de bord. Cette façon de faire a permis d'explorer plusieurs facettes du problème à l'étude et d'en dégager une compréhension riche (Savoie-Zajc, 2018). De plus, nous nous sommes assurée de définir les termes techniques dans le cahier des charges pour permettre leur bonne compréhension par les personnes participant à la recherche, ce qui appuie également la

crédibilité de nos résultats. Enfin, dans le cadre de l'analyse des données, nous avons pris en considération les opinions et les explications divergentes, ce qui répond une fois de plus au critère de crédibilité selon Fortin et Gagnon (2016).

La transférabilité de la recherche, quant à elle, est assurée par une description précise et détaillée de tous les aspects de la méthodologie et du contexte de réalisation de l'étude afin qu'une lectrice ou un lecteur éventuel puisse évaluer l'application des résultats à d'autres contextes (Fortin et Gagnon, 2016; Savoie-Zajc, 2018). En effet, le premier chapitre de cet essai permet de mettre en évidence le contexte de réalisation et la problématique ayant mené à la conduite de la recherche. De plus, nous avons expliqué l'ensemble des éléments méthodologiques dans le présent chapitre et avons joint en annexe tous les documents développés dans le cadre de cette recherche, incluant le cahier des charges du simulateur, le questionnaire et le formulaire de consentement éclairé. Aussi, selon Savoie-Zajc (2018), l'emploi du journal de bord par la chercheuse contribue à renforcer ce critère de transférabilité.

Pour sa part, le critère de fiabilité, qui est basé sur la cohérence entre les résultats et le déroulement de l'étude (Savoie-Zajc, 2018), est assuré par la rigueur appliquée dans l'élaboration des instruments de collectes des données. Ainsi, la création d'un questionnaire servant spécifiquement à l'évaluation du cahier des charges du simulateur et s'appuyant sur les éléments ayant servi à la conception de ce dernier qui, eux-mêmes, reposaient sur les concepts du cadre de référence, atteste de la cohérence entre les résultats et le déroulement de cette recherche. De plus, le tout a été largement détaillé dans le journal de bord de la chercheuse. Aussi, le fait d'avoir eu recours à un questionnaire numérique comportant des questions obligatoires a permis d'assurer

une constance dans les résultats, ce qui n'aurait pas nécessairement été possible avec d'autres méthodes de collecte de données, dû à l'échantillon restreint et au contexte particulier de cette étude. Par ailleurs, nous avons présenté de façon fidèle l'intégralité des données obtenues par le biais du questionnaire et avons expliqué en détail le traitement de celles-ci.

Finalement pour répondre au critère de confirmabilité (Fortin et Gagnon, 2016), aussi nommé confirmation (Savoie-Zajc, 2018), nous avons recueilli et analysé les données de façon rigoureuse, grâce au questionnaire conçu spécifiquement pour cette tâche et à l'explication des catégories ayant émergé des analyses de contenu. Ces différents éléments ont été validés par notre directrice et notre codirectrice d'essai. Par conséquent, nous pouvons confirmer que les résultats témoignent bien des données et non de notre point de vue.

QUATRIÈME CHAPITRE.

LA PRÉSENTATION ET L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Ce chapitre sert à mettre en lumière les résultats obtenus suite à la collecte des données de notre recherche, qui correspond à la phase d'évaluation de la conception de notre simulateur pédagogique, selon le modèle ADDIE utilisé pour opérationnaliser notre recherche. Cette phase d'évaluation répondait, par le fait même, à l'objectif spécifique de notre recherche portant sur la validation de la conception du simulateur pédagogique auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie. En premier lieu, nous procéderons à la présentation des résultats obtenus, à l'aide de tableaux de synthèse et de graphiques. Par la suite, nous interpréterons les résultats pour en dégager un maximum de sens et pour tirer des conclusions au regard de nos objectifs de recherche.

1. LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans cette partie, nous exposerons les résultats obtenus par le biais du questionnaire complété par les expertes et experts en pédagogie de la denturologie. Rappelons que le questionnaire d'évaluation du cahier des charges était divisé en quatre sections distinctes, soit, dans l'ordre : a) expérience des enseignantes et enseignants en denturologie, b) analyse, c) design et d) appréciation globale. La première section servait à recueillir les données sur l'expérience des participantes et des participants en regard de notre projet. La deuxième et la troisième section correspondaient à la validation des deux étapes du modèle ADDIE que nous avons utilisé pour

opérationnaliser la conception du simulateur pédagogique. Enfin, la dernière section portait sur l'appréciation globale du projet par les expertes et experts.

1.1 Les résultats concernant l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie

Cette section présente, à l'aide de diagrammes à secteurs circulaires et de tableaux-synthèses, les réponses colligées des neuf expertes et experts en ce qui a trait à leur expérience. La figure 9 permet de visualiser la répartition de l'expérience des participantes et participants en termes d'enseignement en Technique de denturologie au cégep Édouard-Montpetit. Ainsi, cinq des neuf personnes participantes ont plus de 15 ans (56%) d'expérience à titre d'enseignante ou d'enseignant en Techniques de denturologie, une personne a entre 10 et 15 ans (11%) d'expérience, une autre entre 5 et 10 ans (11%) et les deux dernières ont moins de 5 ans (22%) d'expérience.

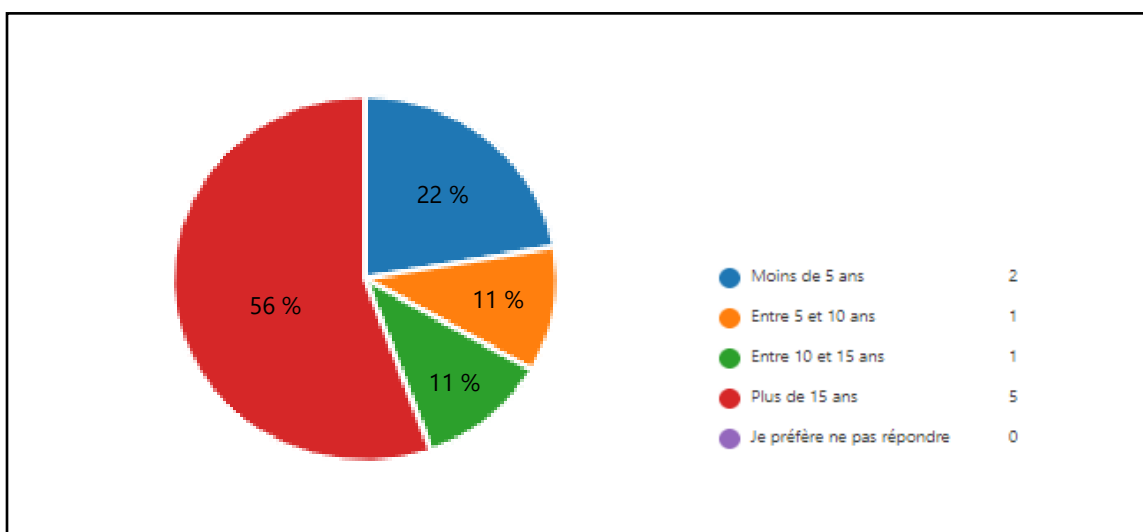


Figure 9. Répartition de l'expérience des expertes et experts à titre d'enseignante ou d'enseignant en Techniques de denturologie au CEM.

La deuxième question demandée aux participantes et participants avait trait à leur formation universitaire en pédagogie de l'enseignement collégial. Les résultats, présentés à la figure 10, indiquent que la majorité des expertes et experts (67 %) ont une formation universitaire en pédagogie collégiale, seulement trois personnes (33 %) ne sont pas formées en pédagogie.

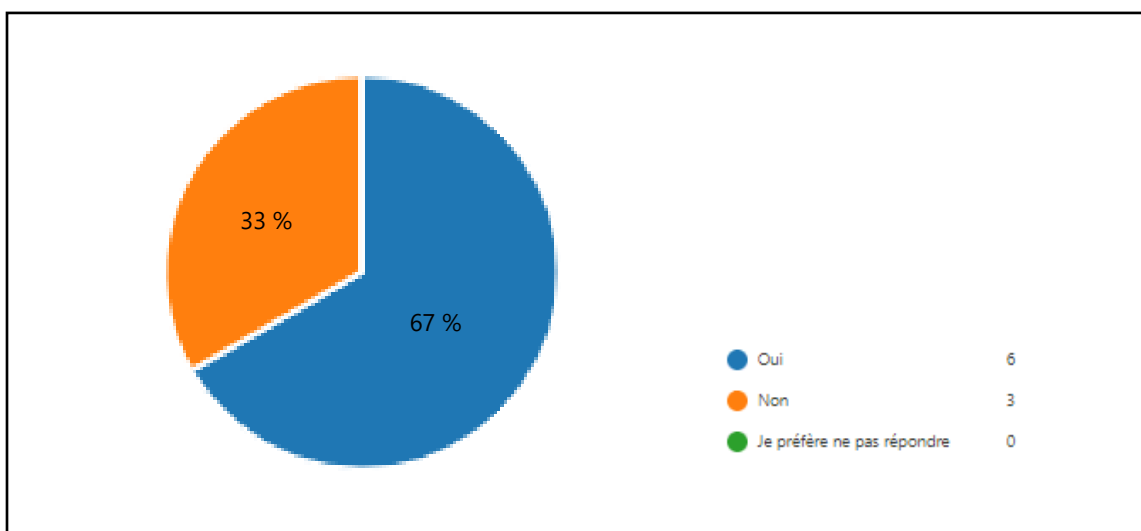


Figure 10. Répartition des résultats en lien avec la formation universitaire en pédagogie collégiale des expertes et experts

La question suivante concernait l'expérience des participantes et participants en lien avec la première, des deux compétences, visées par le simulateur pédagogique que nous avons conçu. Nous leur avons demandé s'ils ou elles avaient déjà donné un des cours du programme porteurs de la compétence 00E7 *Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche* et plus spécifiquement en lien avec la fabrication de prothèses complètes. Les résultats compilés dans le tableau 6 révèlent que seulement deux personnes participantes (22 %) n'ont donné aucun cours

porteur de cette compétence. Donc, une vaste majorité (78 %) des participantes et participants a déjà donné un ou plusieurs cours porteurs de cette compétence.

Tableau 6. Résultats de l'expérience des expertes et experts en lien avec la compétence 00E7

Avez-vous déjà enseigné un ou plusieurs des cours suivants, reliés à l'apprentissage de la compétence Q3. 00E7: <i>Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche, en prothèse complète</i>? Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent.	
Le cours 110-205-EM: Procédés de montage de prothèses complètes	4
Le cours 110-CHJ-05: Conception et confection de PCA I	2
Le cours 110-408-EM: Traitements cliniques adaptés (anciennement 110-427-EM)	1
Le cours 110-435-EM: Conception et confection de PCA II	3
Je n'ai donné aucun des cours énumérés à la question 3	2

La quatrième question concernait l'expérience des expertes et experts en regard de la seconde compétence visée par notre projet. Nous leur avons demandé s'ils ou elles avaient déjà donné un ou plusieurs cours en lien avec la compétence 00EC *Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates* et permettant la réalisation du plan de traitement, à l'instar du cours visé par notre simulateur pédagogique. Une seule personne (11 %) a répondu n'avoir donné aucun de ces cours, la majorité des participantes et participants (89 %) ont mentionné avoir déjà donné un ou plusieurs de ces cours. Nous présentons le détail de ces résultats dans le tableau 7.

Tableau 7. Résultats de l'expérience des expertes et experts en lien avec la compétence 00EC

Q4. Avez-vous déjà enseigné un ou plusieurs des cours suivants, permettant la réalisation du plan de traitement et porteur de la compétence 00EC: <i>Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates</i>? Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent.	
Le cours 110-435-EM: Conception et confection de PCA II	4
Le cours 110-528-EM : Conception et confection de PCA, de PPA et immédiates	7
Le cours 110-60D-EM: Stage	8
Je n'ai donné aucun des cours énumérés à la question 4	1

1.2 Les résultats de la phase d'analyse

Dans cette section nous présentons les résultats en lien avec la phase d'analyse du simulateur pédagogique basée sur le modèle ADDIE. Rappelons que cette section du questionnaire est formée de dix questions regroupées en cinq thèmes. Nous exposons l'ensemble des résultats en lien avec ces questions à l'aide de tableaux-synthèses.

Ainsi, le premier thème de l'analyse qui a été abordé est le contexte de développement du simulateur pédagogique. Aux questions 5.1 et 5.2 les expertes et experts se sont dits en accord (88,9 %) ou ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que le contexte dans lequel s'insère le simulateur est suffisamment expliqué et qu'il est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM. À la question 5.3, les expertes et experts se sont dits d'accord (77,8 %), neutre (11,1 %) et en désaccord (11,1 %) que la problématique ayant mené à la conception du simulateur est suffisamment claire. À la question 5.4, les expertes et les experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1%) que la problématique est en

lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM. Nous présentons le détail des réponses dans le tableau 8.

Tableau 8. Résultats sur le contexte de développement du simulateur pédagogique

Q5. Les questions suivantes portent sur le contexte de développement du simulateur.		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
5.1	Le contexte dans lequel s'insère le simulateur est suffisamment expliqué.	8 (88,9 %)	0	1 (11,1 %)	0	0
5.2	Le contexte est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du cégep Édouard-Montpetit (CEM).	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0	0
5.3	La problématique ayant mené à la conception du simulateur est suffisamment claire.	6 (66,7 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0
5.4	La problématique est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM.	6 (66,7 %)	2 (22,2 %)	1 (11,1 %)	0	0

En réponse à la question 6, les expertes et experts pouvaient, s'ils ou elles en ressentaient le besoin, apporter des précisions sur leur appréciation du contexte de développement du simulateur pédagogique. Nous présentons l'intégralité des réponses au tableau 9. Il est à noter que E2, E4 et E5 n'ont émis aucun commentaire face au contexte de développement du simulateur, c'est pourquoi on ne les retrouve pas dans ce tableau.

Tableau 9. Commentaires des expertes et experts sur le contexte de développement du simulateur

Q6.	Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le contexte de développement du simulateur.
E1	Je trouve l'idée géniale, on manque totalement de ressources pédagogiques à ce sujet. Il faut rendre ce que les étudiants trouvent abstrait dans le montage en apprentissage concret.
E3	Les besoins pédagogiques pourraient aussi être utiles dans les cours cliniques soit : le 110-528-EM et le 110-60D-EM.
E6	<p>La problématique du manque de ressources didactiques est tout à fait juste et le choix de créer le simulateur est excellent et bien défini. Par contre, le lien avec le recommencement des montages n'est pas clair, je comprends que s'ils comprennent mieux les principes de montage, ils seront meilleurs en pratique et recommenceront moins? Le contrôle de la cire et l'habileté manuelle n'est pas nécessairement en lien avec les notions théoriques qui ne sont pas acquises ou comprises. À mon avis, cela peut venir aussi d'une coordination peu développée entre ce que la tête sait et ce que les doigts n'arrivent pas à exécuter.</p> <p>Par contre, comme mentionnée plus haut, la problématique qui rend les notions théoriques difficiles à transmettre par manque de ressources didactiques est une représentation juste de la réalité.</p>
E7	Excellent outil de développement pédagogique pour l'étudiant et le professeur.
E8	Suggestion vite comme ça : intégrer dans le simulateur une base de données contenant plusieurs formes d'arcades, différentes mesures de boudins, différentes relations centrées.
E9	La compréhension du montage et l'incidence quant à la possibilité de visualiser le tout en 3D peuvent assurément aider à la compréhension. Toutefois, comme il a été noté, la manipulation d'un matériau tel que la cire et l'interrelation avec le déplacement d'une dent dans son ensemble contraignent l'étudiant à la pratique pour parfaire sa compétence.

Le second thème abordé en rapport avec l'analyse porte sur la clientèle cible et sur les besoins pédagogiques. Tout d'abord, à la question 7.1, l'ensemble des expertes et experts s'est dit d'accord (100 %) que la clientèle cible est adéquatement expliquée. Ensuite à la question 7.2, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1%) que le cours ciblé est bien choisi. À la question 7.3 et 7.4, la grande majorité des expertes et expert est tout à fait d'accord (88,9%) que les compétences et les éléments de compétence visés par le simulateur sont clairement identifiés, une seule personne s'est dite ni en accord, ni en désaccord

(11,1 %) avec cette affirmation. De plus, à la question 7.5, la même proportion, soit 88,9 % tout à fait en accord et 11,1% ni en accord, ni en désaccord, trouve que les compétences et les éléments de compétence sont en lien avec la problématique. À la question 7.6, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et neutre (11,1 %) face à l'affirmation que les capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur sont en lien avec les éléments de compétence retenus. Aux questions 7.7 et 7.8, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que les objectifs du simulateur sont clairement identifiés et qu'ils sont en lien avec la problématique mentionnée. Selon les réponses de la question 7.9, les expertes et experts sont tout à fait d'accord (88,9 %) que la cible de formation est bien choisie, à l'exception d'une personne qui neutre (11,1 %). À la question 7.10, ils ou elles sont d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que les modalités d'enseignement retenues sont pertinentes pour atteindre la cible de formation. Les résultats compilés concernant les besoins pédagogiques et la clientèle cible sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10. Résultats sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques

Q7. Les questions suivantes portent sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques.		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
7.1	La clientèle cible est adéquatement expliquée.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
7.2	Le cours ciblé est bien choisi.	5 (55,6 %)	3 (33,3 %)	1 (11,1 %)	0	0
7.3	Les compétences visées par le simulateur sont clairement identifiées.	8 (88,9 %)	0	1 (11,1 %)	0	0
7.4	Les éléments de compétence visés par le simulateur sont clairement identifiés.	8 (88,9 %)	0	1 (11,1 %)	0	0
7.5	Les compétences et les éléments de compétence visés par le simulateur sont en lien avec la problématique.	8 (88,9 %)	0	1 (11,1 %)	0	0
7.6	Les capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur sont en lien avec les éléments de compétence retenus.	5 (55,6 %)	3 (33,3 %)	1 (11,1 %)	0	0
7.7	Les objectifs du simulateur sont clairement identifiés.	6 (66,7 %)	2 (22,2 %)	1 (11,1 %)	0	0
7.8	Les objectifs du simulateur sont en lien avec la problématique mentionnée.	5 (55,6 %)	3 (33,3 %)	1 (11,1 %)	0	0
7.9	La cible de formation est bien choisie.	8 (88,9 %)	0	1 (11,1 %)	0	0
7.10	Les modalités d'enseignement retenues sont pertinentes pour atteindre la cible de formation.	6 (66,7 %)	2 (22,2 %)	1 (11,1 %)	0	0

En ce qui a trait à la question 8, l'intégralité des commentaires exprimés par les expertes et expertes, face aux besoins pédagogiques et à la clientèle cible, est présentée dans le tableau 11 de la page suivante. Il est à noter que E4 et E5, n'ont émis aucun commentaire dans le cadre de cette question, c'est pourquoi on ne les retrouve pas dans ce tableau.

Tableau 11. Commentaires des expertes et experts sur la clientèle cible et les besoins
pédagogiques

Q8.	Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant la clientèle cible et les besoins pédagogiques.
E1	Je pense que l'on pourrait commencer à utiliser le simulateur avant la quatrième session afin de répondre aux incompréhensions des étudiants qui sont déjà présentes en 3 ^e session. Comme, par exemple, dans le cours 110-404-EM, montage équilibré.
E2	Je pense qu'il faudrait mieux baliser « l'outil simulateur » à l'intention des étudiants. En effet, il viendra combler un manque de support « logiciel » pour notre département et sera sûrement plus ludique à utiliser. Seulement, contrairement à d'autres disciplines où toutes les étapes sont remplacées par de la programmation ou de l'entrée de données via un logiciel, notre réalité (présentement) est que les apprenants devront quand même développer leur habileté manuelle. Par exemple, même si le simulateur lui démontre qu'une dent dont l'axe erroné entraîne un grand désordre pour l'équilibration du montage, l'étudiant aura quand même à le faire. « Je ne comprends pas, j'arrive facilement à le faire avec le simulateur ».
E3	Clientèle parfaitement ciblée. J'ajouterais aussi que la clientèle pourrait même être celle des denturologistes post-gradués, à travers la formation continue, ou les étudiants du programme de prothèses dentaires.
E6	Je verrais l'utilisation de ce simulateur bien en amont du cours choisi. Objectifs du simulateur : « maintenir l'étudiant actif face à son apprentissage en minimisant [...] montage », je ne suis pas tout à fait d'accord avec cet objectif, voir commentaire plus haut l'apprentissage devra se faire, malgré le simulateur, sur leurs propres montages.
E7	Des besoins pédagogiques sont à combler aussi dans le 110-205-EM et 110-CHJ-05, il pourrait servir à cette clientèle, dans une version moins avancée.
E8	Les besoins pédagogiques liés à la problématique du comportement de la cire seront difficiles à intégrer dans le simulateur et difficiles à modéliser.
E9	D'emblée, les objectifs sont réalistes quant à l'utilisation de la modélisation 3D. Cependant, il faudra aussi tenir compte des habiletés de l'étudiant à bien assimiler la modélisation. Je me questionne quant aux aptitudes requises pour bien comprendre l'environnement 3D.

Suivant l'ordre établi dans le cahier des charges, le troisième thème examiné, dans la section analyse du questionnaire, concerne les contraintes techniques. Aux questions 9.1 et 9.2, l'ensemble des expertes et experts s'est dit d'accord (100 %) qu'il est nécessaire que le simulateur soit compatible avec les principaux systèmes d'exploitation et que le simulateur puisse être accessible à distance. À la question 9.3, les expertes et experts se sont dits d'accord (100 %) avec

l’affichage en français au sein du simulateur. Aux questions 9.4, 9.5 et 9.6, l’ensemble des expertes et experts est d’accord (100 %) qu’il doit y avoir, dans le simulateur, les trois niveaux d’utilisateur mentionnés dans le cahier des charges, que l’identification de l’utilisateur-étudiant par l’utilisateur-enseignant dans l’environnement du simulateur est nécessaire et que le suivi du cheminement de l’étudiant l’est tout autant. Enfin, à la question 9.7, l’ensemble des expertes et experts s’est dit d’accord (100 %) que le simulateur doit représenter de manière fidèle l’articulateur Hanau utilisé par les étudiantes et étudiants du programme. Les résultats compilés portant sur les contraintes techniques se trouvent dans le tableau 12.

Tableau 12. Résultats sur les contraintes techniques

Q9. Les questions suivantes portent sur les contraintes techniques		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
9.1	Il est nécessaire que le simulateur soit compatible avec les principaux systèmes d'exploitation.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
9.2	Il est nécessaire que le simulateur puisse être accessible à distance et pas uniquement dans les installations du CEM.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
9.3	Il est nécessaire que l’affichage au sein du simulateur se fasse en français.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0
9.4	Il est nécessaire d’avoir les trois niveaux d'utilisateur mentionnés.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
9.5	L’identification de l'utilisateur-étudiant, par l'utilisateur-enseignant à l'intérieur du simulateur, est nécessaire.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
9.6	Le suivi du cheminement de l'étudiant est nécessaire.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
9.7	Le simulateur doit représenter de manière fidèle l'articulateur Hanau utilisé par les étudiants du programme.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0

À la question 10, nous avons demandé aux expertes et experts s'ils ou elles avaient des commentaires supplémentaires en rapport avec les contraintes techniques. L'intégralité des commentaires concernant les contraintes techniques se trouve au tableau 13. E1, E2, E3, E5, E6 et E7 n'ont émis aucun commentaire dans le cadre de cette question, raison de leur absence dans ce tableau.

Tableau 13. Commentaires des expertes et experts sur les contraintes techniques

Q10. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant les contraintes techniques.	
E4	Il serait préférable que l'affichage soit aussi disponible en anglais.
E8	Je suis certain(e) que tu feras un guide de l'utilisateur. Aussi, serait-il possible d'imprimer différentes captures d'écran du simulateur?
E9	À la rigueur et/ou éventuellement, ne serait-il pas nécessaire d'y insérer tous les types de montage et de dents?

Le quatrième thème en lien avec l'analyse s'intéresse aux ressources disponibles. Rappelons que dans le cadre de la question 11 et de ses énoncés affiliés, nous avons ajouté l'option de réponse *Je ne sais pas* à l'échelle de Likert pour permettre aux expertes et experts qui n'auraient jamais exploré les différents logiciels de conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) du domaine dentaire de répondre adéquatement. Ainsi, à la question 11.1, les expertes et experts se sont dits en majorité d'accord (77,8 %) qu'il n'existe actuellement aucun simulateur pédagogique de montage équilibré en prothèses dentaires complètes amovibles, une personne s'est dite plutôt en désaccord (11,1 %) et une autre a mentionné qu'elle ne le sait pas (11,1 %). À la question 11.2, l'ensemble des expertes et experts s'est dit tout à fait d'accord (88,9 %) qu'il existe

des logiciels de CFAO dans le domaine dentaire, à l'exception d'une personne qui ne le sait pas (11,1 %). À la question 11.3, une bonne proportion des expertes et experts se sont dits d'accord (44,4 %) que les logiciels de CFAO du domaine dentaire sont complexes, mais la même proportion, soit quatre personnes sur neuf, a exprimé ne pas le savoir (44,4 %) et une personne s'est dite plutôt en désaccord (11,1 %). À la question 11.4, la majorité des expertes et experts ont dit ne pas savoir (55,6 %) si les logiciels de CFAO du domaine dentaire servent peu les besoins pédagogiques liés à la problématique, trois personnes se sont dits en accord (33,3 %) et une personne est neutre (11,1 %) face à la question. À la question 11.5, la plupart des expertes et experts sont d'accord (66,7 %) qu'au CEM, il est possible de fournir un appareil informatique à chaque étudiante et étudiant, même pour des apprentissages qui auraient lieu dans un laboratoire de fabrication. Deux personnes ont mentionné ne pas savoir (22,2 %) si ceci est possible et une personne s'est dite plutôt en désaccord (11,1 %). La compilation des résultats concernant les ressources disponibles est présentée au tableau 14.

Tableau 14. Résultats sur les ressources disponibles

Q11. Les questions suivantes portent sur les ressources disponibles.		Tout à fait d'accord	Plutôt à d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout fait en désaccord	Je ne sais pas
11.1	Il n'existe actuellement aucun simulateur pédagogique de montage équilibré en prothèses dentaires.	7 (77,8 %)	0	0	1 (11,1 %)	0	1 (11,1 %)
11.2	Il existe des logiciels CFAO dans le domaine dentaire.	8 (88,9 %)	0	0	0	0	1 (11,1 %)
11.3	Les logiciels CFAO du domaine dentaire sont complexes.	2 (22,2 %)	2 (22,2 %)	0	1 (11,1 %)	0	4 (44,4 %)
11.4	Les logiciels CFAO du domaine dentaire servent peu les besoins pédagogiques liés à la problématique.	2 (22,2 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0	0	5 (55,6 %)
11.5	Au CEM, il est possible de fournir un appareil informatique à chaque étudiant, même pour des apprentissages qui auraient lieu dans un laboratoire de fabrication.	3 (33,3 %)	3 (33,3 %)	0	1 (11,1 %)	0	2 (22,2 %)

À la question 12, les expertes et experts pouvaient émettre tout commentaire concernant les ressources disponibles, nous en présentons les détails dans le tableau 15. E1, E2, E3, E4, E5 et E7 n'ont pas fait de commentaire en regard de cette question.

Tableau 15. Commentaires des expertes et experts sur les ressources disponibles

Q12. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant les ressources disponibles.	
E6	Je ne suis pas certain(e) que les iPad et Chromebook sont compatibles avec les logiciels CFAO aussi complexes. Un achat de portables serait à mon avis nécessaire.
E8	Je me fie à toi!
E9	Effectivement, les logiciels existants sont conçus pour la production non pour la formation. L'objectif d'un tel système est d'automatiser les procédures afin de permettre une meilleure productivité.

Le cinquième et dernier thème de l'analyse touche les ressources nécessaires. Rappelons que dans le cadre de la question 13, nous avons une fois de plus donné la possibilité aux expertes et experts de répondre *Je ne sais pas* aux énoncés. À la question 13.1, l'ensemble des expertes et des experts s'est dit d'accord (100 %) qu'il sera nécessaire d'engager un programmeur pour développer le simulateur pédagogique. À la question 13.2, la presque totalité des expertes et experts s'est dite tout à fait d'accord (88,9 %) sur la nécessité d'engager un designer graphique pour développer le simulateur pédagogique. Une seule personne est neutre face à cette question (11,1 %). À la question 13.3, la majorité s'est dite tout à fait d'accord (77,8 %) avec le fait qu'il faut engager un modélisateur 3D pour développer le simulateur pédagogique. Par contre, deux personnes se sont dites ni en accord, ni en désaccord (22,2 %) avec ce fait. À la question 13.4, l'ensemble des expertes et experts s'est dit tout à fait d'accord (100%) que des ressources financières externes au budget du département de denturologie seront nécessaires pour développer le simulateur. À la question 13.5, une majorité des expertes et experts se sont dits d'accord (77,8 %) que le Centre collégial de développement de matériel didactique (CCDMD) est un bon moyen d'obtenir l'aide technique et financière pour mener à bien le projet. Une personne s'est dite ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) et une personne a mentionné ne pas le savoir (11,1 %). Le détail des résultats concernant les ressources nécessaires est exposé au tableau 16.

Tableau 16. Résultats sur les ressources nécessaires

Q13. Les questions suivantes portent sur les ressources nécessaires.		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord	Je ne sais pas
13.1	Il est nécessaire d'engager un programmeur pour développer le simulateur pédagogique.	8 (88,9%)	1 (11,1%)	0	0	0	0
13.2	Il est nécessaire d'engager un designer graphique pour développer le simulateur pédagogique	8 (88,9%)	0	1 (11,1%)	0	0	0
13.3	Il est nécessaire d'engager un modélisateur 3D pour développer le simulateur pédagogique.	7 (77,8%)	0	2 (22,2%)	0	0	0
13.4	Des ressources financières externes au budget du département de denturologie seront nécessaires pour développer le simulateur pédagogique.	9 (100%)	0	0	0	0	0
13.5	Le Centre collégial de développement de matériel didactique est un bon moyen d'obtenir l'aide technique et financière pour mener à bien le projet.	6 (66,7%)	1 (11,1%)	1 (11,1%)	0	0	1 (11,1%)

Seulement deux commentaires ont été faits dans le cadre de la question 14, nous les présentons au tableau 17. E1, E2, E3, E4, E5, E6 et E7 n'ont rien précisé en lien avec les ressources nécessaires.

Tableau 17. Commentaires des expertes et experts sur les ressources nécessaires

Q14. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant les ressources nécessaires.	
E8	Beaucoup de ton temps aussi
E9	Il existe aujourd'hui des programmeurs capables de coder en 3D, soit des spécialistes de jeux vidéo. Ce qui réduirait considérablement l'ampleur du budget.

1.3 Les résultats de la phase de design

Dans cette section, nous présentons les résultats en lien avec la phase de design du simulateur pédagogique. Dans le questionnaire, cette section est formée de quatre questions regroupées en deux thèmes. De la même façon que la section portant sur la phase d'analyse, chaque thème est abordé par une question générale obligatoire, contenant plusieurs énoncés à échelle de Likert, et une question ouverte facultative qui permet aux expertes et experts de préciser leur avis sur le thème.

Le premier thème avait pour objet le design de la stratégie pédagogique globale. À la question 15.1, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que les prérequis sont correctement identifiés. À la question 15.2, l'ensemble des expertes et experts s'est dit d'accord (100 %) que l'activité 1, présentée dans le cahier des charges, permet l'activation des connaissances reliées à l'apprentissage des variables mécaniques en prothèses dentaires complètes. À la question 15.3, les expertes et experts sont d'accord (100 %) que l'activité 2 permet l'élaboration et un début d'organisation des connaissances. À la question 15.4, toutes et tous sont d'accord (100 %) que l'activité 3 du cahier des charges permet l'organisation des connaissances. À la question 15.5, la majeure partie des expertes et experts sont d'accord (88,9 %) que l'activité 4 permet l'organisation des connaissances, tandis qu'une personne est plutôt en désaccord (11,1 %) avec cette affirmation. À la question 15.6, les expertes et experts s'entendent, dans une proportion de 66,7 % tout à fait en accord et de 33,3 % plutôt d'accord, que globalement, les activités de révision et de bases théoriques sont pertinentes. Aux questions 15.7 et 15.8, ils ou elles sont d'accord (100 %) que l'activité 5 permet l'application des connaissances

et que l'activité 6 permet la procéduralisation des connaissances. Ainsi, à la question 15.9, les expertes et experts ont jugé que globalement les activités utilisant le simulateur sont pertinentes, dans une proportion de 88,9% tout à fait en accord et de 11,1% plutôt en accord. Aux questions 15.10 et 15.11, les expertes et les experts se sont d'accord (100 %) que l'activité 7 permet l'intégration des connaissances et que celle-ci est pertinente en tant qu'activité suivant l'utilisation du simulateur. À la question 15.12, l'ensemble des expertes et experts est d'accord (100 %) que la stratégie globale est cohérente. À la question 15.13, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que cette stratégie globale est réalisable dans le cadre du cours 110-435-EM. À la question 15.14, l'ensemble des expertes et des experts est d'accord (100 %) que la stratégie globale permet l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Les résultats sur le design de la stratégie globale sont compilés dans le tableau 18.

Tableau 18. Résultats sur le design de la stratégie globale

Q15. Les questions suivantes portent sur le design de la stratégie pédagogique globale.		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
15.1	Les prérequis sont correctement identifiés.	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0	0
15.2	L'activité 1 permet l'activation des connaissances.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
15.3	L'activité 2 permet l'élaboration et un début d'organisation des connaissances.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
15.4	L'activité 3 permet l'organisation des connaissances.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
15.5	L'activité 4 permet l'organisation des connaissances.	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	0	1 (11,1 %)	0
15.6	Globalement, les activités de révision et de bases théoriques sont pertinentes.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0
15.7	L'activité 5 permet l'application des connaissances.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
15.8	L'activité 6 permet une procéduralisation des connaissances.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
15.9	Globalement, les activités utilisant le simulateur sont pertinentes.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
15.10	L'activité 7 permet l'intégration des connaissances.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
15.11	L'activité suivant l'utilisation du simulateur est pertinente.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
15.12	La stratégie globale est cohérente.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0
15.13	La stratégie globale est réalisable dans le cadre du cours 110-435-EM.	5 (55,6 %)	3 (33,3 %)	1 (11,1 %)	0	0
15.14	La stratégie globale permet l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0

En ce qui a trait aux commentaires portant sur le design de la stratégie globale, quelques expertes et experts ont fourni des précisions à la question 16. L'intégralité des commentaires émis est présentée au tableau 19. Il est à noter que E2, E4, E5, E7 et E8 n'ont pas fait de commentaire dans le cadre de cette question, raison de leur absence dans ce tableau.

Tableau 19. Commentaires des expertes et experts sur le design de la stratégie globale

Q16.	Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le design de la stratégie pédagogique globale.
E1	J'en rêve déjà! Je continue de croire que le simulateur devrait être utilisé pour renforcer les apprentissages et la mise en pratique du montage en prothèse équilibrée. Ce support visuel apportera beaucoup de réponses aux étudiants et favorisera la consolidation des apprentissages.
E3	On passe à l'acquisition des connaissances de manière progressive du plus simple au plus complexe.
E6	L'activité 4 pourrait facilement être une pédagogie active (par exemple, classe inversée).
E9	Est-ce que le simulateur ne devrait pas être introduit dès le départ afin que l'étudiant puisse manœuvrer et parfaire ses connaissances tout au long de son apprentissage sur le montage ? L'étudiant devrait être initié dès le départ aux subtilités de la dynamique que comporte le montage dans son ensemble.

Le second thème de cette section portait sur le design du simulateur pédagogique à proprement parler. Ainsi, aux questions 17.1 et 17.2, les expertes et experts se sont dits d'accord (100 %) que le simulateur est bien défini en tant que simulateur pédagogique et en tant que micromonde. Aux questions 17.3, 17.4 et 17.5, l'ensemble des expertes et experts est d'accord (100 %) que le simulateur permettra à l'étudiante ou l'étudiant de manipuler un modèle et que la simulation offerte par le biais du simulateur est bien définie en tant que simulation de situation et en tant que simulation technique. À la question 17.6, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) que le modèle de référence est bien choisi. Aux

questions 17.7 et 17.8, l'ensemble des personnes s'est dit d'accord (100 %) que le modèle de référence est adéquatement expliqué et qu'il est représentatif de la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM. Aux questions 17.9, 17.10 et 17.11, les expertes et experts sont d'accord (100 %) que les fonctions du simulateur sont pertinentes, adéquatement expliquées et complètes. À la question 17.12, ils ou elles sont d'accord (88,9 %) et en désaccord (11,1%) que les fonctions du simulateur permettent de reproduire la dynamique du système : Montage équilibré sur articulateur. À la question 17.13, les expertes et experts se sont dits d'accord (88,9 %) et en désaccord (11,1%) que les exercices inclus dans le simulateur permettent de traiter de l'ensemble des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. À la question 17.14, l'ensemble des expertes et experts est d'accord (100 %) que les exercices inclus dans le simulateur sont représentatifs de la situation de travail du ou de la denturologiste. À la question 17.15, huit personnes sur neuf sont d'accord (88,9%) que la configuration des écrans permettra aux étudiantes et étudiants de naviguer aisément dans le simulateur, l'autre personne est en désaccord (11,1 %). À la question 17.16, les expertes et experts sont en majorité d'accord (66,7 %) que la configuration des écrans offre un environnement visuellement agréable. Par contre, deux personnes sont tout à fait en désaccord (22,2 %) et une autre n'est ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) avec cette affirmation. À la question 17.17, les expertes et experts se sont dits d'accord (77,8 %), ni en accord, ni en désaccord (11,1 %) et tout à fait en désaccord (11,1 %) que la configuration des écrans permettra aux programmeurs, aux designers graphiques et aux modélisateurs 3D de comprendre l'environnement attendu. L'ensemble des résultats liés au design du simulateur est présenté au tableau 20.

Tableau 20. Résultats sur le design du simulateur pédagogique

Q17. Les questions suivantes portent sur le design du simulateur pédagogique.		Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
17.1	Le simulateur est bien défini en tant que simulateur pédagogique.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
17.2	Le simulateur est bien défini en tant que micromonde.	5 (55,6 %)	4 (44,4 %)	0	0	0
17.3	Le simulateur permettra à l'étudiant de manipuler un modèle.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
17.4	La simulation offerte par le biais du simulateur est bien définie en tant que simulation de situation.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
17.5	La simulation offerte par le biais du simulateur est bien définie en tant que simulation technique.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
17.6	Le modèle de référence est bien choisi.	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0	0
17.7	Le modèle de référence est adéquatement expliqué.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
17.8	Le modèle de référence est représentatif de la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
17.9	Les fonctions du simulateur sont pertinentes.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
17.10	Les fonctions du simulateur sont adéquatement expliquées.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
17.11	Les fonctions du simulateur sont complètes.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
17.12	Les fonctions permettent de reproduire la dynamique du système : Montage équilibré sur articulateur.	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	0	1 (11,1 %)	0
17.13	Les exercices inclus dans le simulateur permettent de traiter de l'ensemble des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	6 (66,7 %)	2 (22,2 %)	0	1 (11,1 %)	0
17.14	Les exercices inclus dans le simulateur sont représentatifs de la situation de travail du denturologiste.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0
17.15	La configuration des écrans permettra aux étudiants de naviguer aisément dans le simulateur.	7 (77,8 %)	1 (11,1 %)	0	1 (11,1 %)	0
17.16	La configuration des écrans offre un environnement visuellement agréable.	5 (55,6 %)	1 (11,1 %)	1 (11,1 %)	0	2 (22,2 %)
17.17	La configuration des écrans permettra aux programmeurs, aux designers graphiques et aux modélisateurs 3D de comprendre l'environnement attendu.	5 (55,6 %)	2 (22,2 %)	1 (11,1 %)	0	1 (11,1 %)

Quelques expertes ou experts ont, par le biais de la question 18, formulé des commentaires face au design du simulateur; l'intégralité de ceux-ci est présentée au tableau 21. Les expertes ou experts E2, E4, E5, E6 et E7 n'ont pas émis de commentaire dans le cadre de la question 18.

Tableau 21. Commentaires des expertes et experts sur le design du simulateur pédagogique

Q18. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le design du simulateur pédagogique.	
E1	Le simulateur fait déjà plus que ce que j'aurais pu penser!
E3	J'ajouterais sur l'écran du simulateur « côté droit » et « côté gauche » en haut de la fenêtre. Il me semble que la fonction rétrusive ou le mouvement de rétrusion serait intéressant à ajouter au simulateur. Certains articulateurs le considèrent comme un mouvement pertinent dans la construction d'une prothèse dentaire. Possibilité d'intégrer au simulateur un lexique qui permettrait d'expliquer les différents tracés ou mouvements comme celui de Bennett, de la courbe de compensation, du plan occlusal, etc.
E8	Contrainte sur : les matériaux, la modélisation du transfert d'arc facial, la modélisation d'une reprise de relation centrée en bouche et la modélisation de la réarticulation du cas. Je pense aussi qu'une vue occlusale démontrant visuellement les points de contact en relation centrée, travaillant et balançant serait appropriée.
E9	Je crois que les mises en situation représentent bien les défis auxquels font face les denturologistes lorsqu'il est question de montage. Pour ce qui est de la configuration des écrans, je propose que la manipulation se rapproche plus de la réalité avec les ajustements disponibles sur l'articulateur en 3D.

1.4 Les résultats sur l'appréciation globale du projet

La dernière section du questionnaire s'intéresse à l'appréciation globale des expertes et des experts en regard du projet et elle regroupe quatre questions à réponse obligatoire. La première traite des aspects globaux du projet par le biais d'énoncés et d'une échelle de Likert en cinq points et les trois dernières sont des questions ouvertes qui portent, en ordre, sur : a) les autres cours du programme pouvant utiliser le simulateur, b) les éléments du projet les plus appréciés et c) les points à améliorer.

Dans le cadre de la question 19, nous avons demandé aux expertes et experts de se prononcer sur le cahier des charges et le projet simulateur dans sa globalité. Aux questions 19.1 et 19.2, les expertes et experts se sont dits d'accord (100 %) que le document présenté par la chercheuse est clair et que l'information présentée dans celui-ci est pertinente. Aux questions 19.3 et 19.4, l'ensemble des personnes s'est dit d'accord (100 %) que le simulateur pédagogique conçu pour les étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie favorisera la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. À la question 19.5, les expertes et experts sont d'accord (100 %) que la réalisation des étapes d'analyse et de design rassemble suffisamment d'informations pour permettre à la chercheuse de passer à l'étape subséquente de développement. À la question 19.6, ils et elles se sont dits d'accord (100 %) que le projet de conception et de développement d'un simulateur pédagogique est pertinent pour le département de denturologie. Les résultats détaillés concernant les aspects globaux du cahier des charges et du simulateur sont exposés au tableau 22.

Tableau 22. Résultats sur les aspects globaux concernant le cahier des charges et le simulateur

Q19.	Les questions suivantes portent sur des aspects plus globaux concernant le cahier des charges et le simulateur.	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
19.1	Le document présenté par la chercheuse est clair.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
19.2	L'information présentée dans le document est pertinente.	7 (77,8 %)	2 (22,2 %)	0	0	0
19.3	Le simulateur pédagogique conçu, pour les étudiants du programme Techniques de denturologie, favorisera la modélisation des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
19.4	Le simulateur pédagogique conçu, pour les étudiants du programme Techniques de denturologie, favorisera l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0
19.5	La réalisation des étapes d'analyse et de design rassemble suffisamment d'informations pour permettre à la chercheuse de passer à l'étape subséquente de Développement.	6 (66,7 %)	3 (33,3 %)	0	0	0
19.6	Le projet de conception et de développement d'un simulateur pédagogique est pertinent pour le département de denturologie.	8 (88,9 %)	1 (11,1 %)	0	0	0

En ce qui a trait à la question 20, nous avons demandé aux expertes et experts si, selon eux, le simulateur conçu pourrait être utilisé dans d'autres cours du programme et d'identifier le ou les cours, si tel était le cas. L'intégralité des commentaires des expertes et experts, sur l'utilisation possible du simulateur dans d'autres cours, est présentée au tableau 23.

Tableau 23. Commentaires sur l'utilisation possible du simulateur dans d'autres cours du programme.

Q20. Ce simulateur pourrait-il être utilisé dans d'autres cours du programme? Si oui, lesquels?	
E1	Ce projet est tellement pertinent! Je souhaite déjà l'utiliser dans le cours 110-404-EM, comme mentionné précédemment.
E2	Sûrement, nous verrons à l'usage.
E3	Programme de prothèses dentaires (CEM), et pour la formation continue en denturologie (Québec). On peut aussi penser à d'autres programmes de denturologie au Canada comme par exemple NAIT (Alberta) Georges Brown (Ontario) ou certaines écoles privées en Ontario. Je crois aussi que ce simulateur est transférable en version anglaise pour des écoles aux États-Unis, voire la Communauté européenne.
E4	110-404-EM.
E5	Bien sûr, tous les cours qui ont un lien direct ou indirect avec le montage en prothèse complète.
E6	Le cours de montage en amont, 110-404-EM, qui introduit le montage équilibré et même dans les cours de montage antérieurs au cours 110-435-EM avec des données verrouillées pour suivre le degré de difficulté des cours en fait de la progression des apprentissages en montage.
E7	Oui, 110-205-EM et 110-CHJ-05.
E8	Éventuellement, tous les cours de montage de complets et de partiels.
E9	Sûrement, il pourrait être adapté afin de comprendre les problèmes d'articulation temporo-mandibulaire en simulant les mouvements masticatoires.

Dans le cadre de la question 21, nous avons demandé aux expertes et experts d'identifier les éléments du projet qu'ils ou elles ont le plus aimés. La compilation des réponses est exposée au tableau 24.

Tableau 24. Résultats sur les éléments les plus appréciés dans l'ensemble du projet

Q21. Qu'avez-vous le plus aimé dans l'ensemble du projet?	
E1	J'adore l'ensemble du projet. Ce simulateur pédagogique sera très bénéfique dans les apprentissages des étudiants. Je suis surpris(e) de l'envergure du projet et des possibilités offertes par le simulateur. De plus, il y a un grand choix de variables pour le montage.
E2	Logiciel interactif.
E3	L'aspect concret du simulateur et sa facilité (simplicité) d'utilisation. D'autre part, il permettra de rendre plus concrets (visuel) des concepts qui sont très souvent abstraits chez les étudiants du programme (observations faites par plusieurs enseignants même en stage-clinique). Cette dimension en 3D apporte ou rend la compréhension des mouvements dans l'espace plus accessible pour l'ensemble des étudiants. Félicitations à l'auteur du projet.
E4	La flexibilité du simulateur pédagogique (la variété de données).
E5	La présentation d'un premier projet pédagogique sur un simulateur en montage pour le programme de denturologie.
E6	Création de ressources didactiques ciblées à la denturologie.
E7	Fournir un outil pédagogique précis pour le montage des dents.
E8	La pertinence du projet et son utilité en tant qu'outil d'enseignement.
E9	Le projet que représente cette tâche comme matériel didactique. À mon avis, ce simulateur aidera grandement l'enseignant autant que l'étudiant dans sa compréhension d'un montage de précision.

À la question 22, nous avons demandé aux expertes et experts quels sont, selon eux, les points à améliorer dans l'ensemble du projet. Le détail de chacune des réponses est présenté au tableau 25.

Tableau 25. Résultats sur les points à améliorer dans l'ensemble du projet

Q22. Quels sont les points à améliorer selon vous?	
E1	Je ne vois aucun point à améliorer. Je souhaite simplement que le développement de ce simulateur se concrétise, cela me semble un gros projet.
E2	Déjà spécifié lors d'un précédent commentaire.
E3	Reproduction du mouvement de rétrusion. Comme le cahier de charges était en noir et blanc, je crois que la couleur serait un atout pour accroître l'esthétique visuelle du simulateur et lui donner un « look » plus « jazzy ». Je pense, entre autres, à des icônes pour représenter les termes (Condyle droit-gauche, Bennett droit-gauche, courbe de compensation droite-gauche, degré cuspidien droit-gauche, etc.). L'ajout d'un lexique avec des notes et des références didactiques que l'étudiant pourrait consulter. Félicitations à l'auteur du projet.
E4	Offrir la possibilité d'afficher en anglais.
E5	En comparaison avec l'information d'autres simulateurs existant dans le domaine dentaire.
E6	Concentrer la problématique sur le manque de ressources didactiques. Coquille page 30 manque un « de » entre permettra et visualiser et page 57 dans colonne définition deuxième ligne le « l » du il est en majuscule.
E7	Aucun.
E8	L'interface de l'utilisateur ainsi que les différentes fonctions du logiciel. Par contre, c'est un excellent début et les mises à jour servent exactement à ça! Félicitation Cynthia. Par contre, 30 minutes pour répondre c'est une attrape!
E9	Tout au long du développement, des améliorations seront effectuées. Le point qui serait à travailler est la réalité virtuelle qui, de mon point de vue, favorisera l'apprentissage encore plus profondément du montage fonctionnel.

2. L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Pour l'interprétation des résultats, nous avons procédé sensiblement de la même façon que pour la présentation des résultats en retenant les trois premiers thèmes du questionnaire. Par contre, nous avons divisé la section de l'appréciation globale pour permettre une analyse plus riche des éléments à améliorer dans le cahier des charges et des résultats concernant l'objectif général de

l'essai qui était de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et étudiants en Techniques de denturologie.

2.1 L'interprétation des résultats en lien avec l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie

En ce qui a trait à l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie ayant participé à la recherche, quelques éléments ressortent des résultats obtenus. Tout d'abord, au sein de notre échantillon, nous retrouvions des représentantes et représentants de chaque tranche d'expérience (voir figure 9), ce qui permet de conclure que l'échantillon est représentatif de la population. Aussi, en nous référant à la figure 10, nous sommes à même de constater que la majorité des participantes et participants ont une formation universitaire en pédagogie collégiale, ce qui rend les résultats pertinents concernant l'évaluation des aspects pédagogiques de notre simulateur.

De plus, les résultats des tableaux 6 et 7 permettent de déduire que chaque experte ou expert a eu à donner, au cours de sa carrière, au moins un cours relié à l'une ou l'autre des compétences ministérielles ayant trait au simulateur pédagogique. En effet, nous avons analysé les résultats et la seule personne qui a dit n'avoir donné aucun cours en lien avec la compétence 00EC, a donné un cours relié à la compétence 00E7. Inversement, les personnes qui n'ont pas donné de cours en lien avec la compétence 00E7, en ont donné au moins un en lien avec la compétence 00EC. Soulignons que nous n'avons pas donné le détail de ces réponses par personne, par souci

d'anonymat. En effet, pour cette population, il est facile d'identifier les personnes selon les cours qu'elles ont ou n'ont pas donnés.

Par ailleurs, il est à noter qu'une personne a donné une réponse différente aux deux questions en ce qui concerne le cours 110-435-EM. En effet, celle-ci a répondu, à la question 3, qu'elle n'a pas donné ce cours et, à la question 4, qu'elle a donné ce cours, ce qui explique que dans les tableaux 6 et 7 les résultats soient différents pour cet élément. En revanche, après analyse, nous avons été à même de constater que cette personne a donné d'autres cours reliés à chacune des compétences ministérielles, ce qui au final ne change pas la conclusion à tirer des réponses à ces questions. Nous croyons que cette différence peut être attribuable à une erreur d'inattention ou à un mauvais clic dans le formulaire, mais rien ne permet de confirmer ou d'infirmer sans équivoque les raisons de cette différence.

Ainsi, les résultats combinés des questions sur l'expérience des enseignantes et enseignants en denturologie, permettent de constater que nous avons un échantillon regroupant tous les niveaux d'expérience professionnelle en termes d'année, que celui-ci est majoritairement formé en pédagogie collégiale et que chacun des participantes et des participants à la recherche a eu à enseigner des cours en lien avec l'une ou l'autre des compétences visées par le simulateur pédagogique, ce qui vient appuyer la crédibilité et la fiabilité des autres résultats notre recherche.

2.2 L'interprétation des résultats en lien avec la phase d'analyse

L'interprétation des résultats relatifs à la phase d'analyse sera faite selon les différents thèmes du cahier des charges formant l'analyse, soit : a) le contexte de développement du

simulateur, b) la clientèle cible et les besoins pédagogiques, c) les contraintes techniques, d) les ressources disponibles et e) les ressources nécessaires.

2.2.1 *La discussion sur le contexte de développement du simulateur*

En observant les résultats présentés dans le tableau 8, il est juste d'affirmer que le contexte dans lequel s'insère le simulateur est suffisamment expliqué dans le cahier des charges et est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM. En effet, les expertes et experts se sont majoritairement dits en accord avec ces faits à l'exception d'une personne qui est neutre. Ainsi, on ne retrouve dans les réponses des expertes et experts à la question 6, aucune unité d'analyse qui commente le contexte, soit le processus type de fabrication de prothèses dentaires et le travail du denturologiste.

En ce qui a trait à la problématique, il ressort comme tendance générale, des réponses données aux questions 5.3 et 5.4, que les expertes et experts trouvent la problématique claire et en lien avec la réalité vécue au sein du programme. En effet, selon les commentaires compilés dans le tableau 9, il apparaît que le manque de ressources didactiques est juste (E1; E6) et que le problème de compréhension et de visualisation des étudiantes et étudiants face aux variables en montage équilibré est réel (E1; E9). Par ailleurs, il est mentionné que le simulateur sera un « *excellent outil de développement pédagogique pour l'étudiant et le professeur* » (E7) et que l'idée est bien pensée (E1; E6). Aussi, dans le cadre de la question 8, E2 tient un propos qui englobe les deux éléments d'analyse et avance que le simulateur « *viendra combler un manque de support "logiciel" pour notre département et sera sûrement plus ludique à utiliser* ».

En revanche, une personne est neutre quant aux aspects de la problématique et une autre a exprimé, à la question 5.3, son désaccord en ce qui a trait à la clarté des explications données sur la problématique. Elle précise son idée, par le biais de la question 6, de la façon suivante :

le lien avec le recommencement des montages n'est pas clair, je comprends que s'ils comprennent mieux les principes de montage, ils seront meilleurs en pratique et recommenceront moins? Le contrôle de la cire et l'habileté manuelle n'est pas nécessairement en lien avec les notions théoriques qui ne sont pas acquises ou comprises. À mon avis, cela peut venir aussi d'une coordination peu développée entre ce que la tête sait et ce que les doigts n'arrivent pas à exécuter. (E6)

Il est à noter que le mauvais contrôle de la cire fait partie de la problématique, au sens où les étudiantes et étudiants qui n'ont pas un bon contrôle de celle-ci ont plus de difficultés encore à apprendre les variables mécaniques reliées au montage équilibré, car actuellement leur apprentissage se déroule sur leurs propres montages. Nous ne réfutons pas les propos de E6, mais nous considérons qu'ils ne sont pas en lien avec la problématique expliquée, car nous n'affirmons à aucun endroit que le simulateur a pour but de corriger les problèmes de contrôle des matériaux. Comme mentionné dans la problématique et dans le cadre de l'analyse de la clientèle cible et des besoins pédagogiques, les objectifs du simulateur portent sur la bonification de la modélisation et sur l'apprentissage des variables mécaniques et non sur l'amélioration des capacités de montage et de contrôle des matériaux de fabrication. Dans cet ordre d'idées, à la question 6, une experte ou un expert souligne « *comme il a été noté, la manipulation d'un matériau tel que la cire et l'interrelation avec le déplacement d'une dent dans son ensemble contraignent l'étudiant à la*

pratique pour parfaire sa compétence » (E9). Il a en effet été mentionné dans la cible de formation que la modélisation et les apprentissages réalisés sur les cinq variables mécaniques pourront être réinvestis dans l'apprentissage pratique du montage équilibré, qui constitue la compétence cible du cours.

Dans un autre ordre d'idées, deux expertes ou experts ont, dans le cadre de la question 6, formulé des commentaires ayant une unité d'analyse en lien avec d'autres thèmes du cahier des charges. Nous avons donc choisi de transférer ces commentaires aux discussions subséquentes. En effet, E3 parle des besoins pédagogiques et E8 traite du modèle de référence, donc du design du simulateur.

2.2.2 *La discussion sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques*

En observant les résultats portant sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques, compilés dans le tableau 10, il est possible de conclure que la clientèle cible est bien expliquée et que le cours retenu est bien choisi, car les expertes et experts sont à différents degrés en accord avec ceux-ci, à l'exception d'une personne qui est neutre. Cette personne a précisé son choix neutre, par le biais de la question 8, en indiquant « *que l'on pourrait commencer à utiliser le simulateur avant la quatrième session afin de répondre aux incompréhensions des étudiants qui sont déjà présentes en 3^e session [...] dans le cours 110-404-EM, montage équilibré* » (E1). D'autres, ayant indiqué leur accord avec le choix de la clientèle, ont tout de même soumis le fait que le simulateur pourrait être introduit dans les cours préalables à celui retenu (E6, E7), « *dans une version moins avancée* » (E7). Par ailleurs, E3 trouve que la « *clientèle est parfaitement ciblée* » et souligne, à la question 6, que le simulateur pourrait servir dans les cours cliniques

subséquents ou, à la question 8, pour « *les denturologistes post-gradués, à travers la formation continue* » (E3). Nous pouvons dégager de ces résultats que les expertes et experts trouvent la clientèle bien ciblée, mais voient d'autres applications possibles pour notre simulateur pédagogique.

Par ailleurs, les expertes et experts ont eu à valider la bonne adéquation entre les compétences, les éléments de compétence et les capacités à développer dans le cadre du cours ciblé et plus précisément dans le cadre des compétences en lien avec le simulateur. Ils et elles sont tous, à différents niveaux, en accord avec le fait que ces éléments sont bien choisis, à l'exception d'une personne qui est neutre. Dans le cadre de la question 8, il ne ressort aucune unité d'analyse quant aux compétences, aux éléments de compétence et aux capacités à développer dans le cadre de ces compétences dans les commentaires des participantes et participants.

Ensuite, toujours en se référant au tableau 10, les expertes et experts s'entendent pour dire que les objectifs du simulateur sont en lien avec la problématique mentionnée, que la cible de formation est bien choisie et les modalités d'enseignement sont pertinentes pour atteindre la cible de formation, à l'exception une fois de plus d'une personne qui est neutre.

Par contre, il ressort des commentaires compilés dans le tableau 11, certains éléments d'analyse quant aux objectifs visés par le simulateur. Les commentaires ont tous un lien avec le développement de l'habileté manuelle et le contrôle de la cire. En effet, E2 mentionne « *même si le simulateur lui démontre qu'une dent dont l'axe erroné entraîne un grand désordre pour l'équilibration du montage, l'étudiant aura quand même à le faire* » et E6 dit « *l'apprentissage devra se faire, malgré le simulateur, sur leurs propres montages* ». Dans un ordre d'idées connexe,

E8 exprime que « *les besoins pédagogiques liés à la problématique du comportement de la cire seront difficiles à intégrer dans le simulateur* ». Pour discuter ces résultats, nous présentons d'abord, au tableau 26, une reproduction des quatre derniers éléments du tableau d'analyse de la clientèle cible et des besoins pédagogiques contenu dans le cahier de charges.

Ainsi, en analysant les objectifs du simulateur, il est possible de confirmer qu'il n'a jamais été avancé que le simulateur avait pour but de travailler ou d'agir sur l'habileté manuelle des étudiantes et étudiants. De plus, il a été mentionné comme cible de formation que le simulateur vise à favoriser une modélisation des cinq variables et à permettre un apprentissage plus en profondeur de celles-ci, qui pourra par la suite être réinvesti dans l'apprentissage pratique du montage équilibré. Le verbe réinvestir souligne qu'il y aura un transfert à faire par l'étudiante ou l'étudiant (Perrenoud, 1997) et que ce n'est pas d'un apprentissage pratique impliquant la cire dont il est question à la base. Nous croyons donc qu'en mentionnant ce transfert nos objectifs et cibles de formation vont clairement dans le sens, et non à l'encontre, des commentaires formulés par les expertes et experts. Cependant, nous sommes à même de constater qu'une mauvaise compréhension de nos explications s'est installée pour plus d'une personne.

Ainsi, nous croyons que, pour les expertes et experts à l'origine de ces commentaires, une certaine forme de confusion s'est produite entre les termes employés dans notre tableau d'analyse. En effet, si nous nous rapportons aux capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur, il est effectivement question des gestes pratiques du montage. Rappelons que lors de notre phase d'analyse, nous avons tiré ces capacités directement du plan-cadre de cours en nous rapportant aux sous-éléments reliés aux éléments de compétence visés par le simulateur.

Tableau 26. Extrait du tableau clientèle cible et besoins pédagogiques du cahier des charges

Capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur	<ul style="list-style-type: none"> ● Construire l'occlusion selon les critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> – Conditions critiques (objectifs du plan de traitement, indices denturologiques, conditions matérielles du boudin, plan occlusal); – Intercuspitation fonctionnelle et maximale; – Courbes de compensation; – Degré de cuspidation des dents; – Angles condyliens. ● Positionner le bloc incisif inférieur et construire la fonction de groupe. ● Équilibrer le montage (contacts en balançant, en travaillant et en protrusion). ● Appliquer des techniques de résolution de problèmes liés à la conception d'appareillage prothétique complet. ● Visualiser le cas-patient. ● Élaborer un modèle adapté de prothèse complète pour différents cas-patients.
Objectifs du simulateur	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre l'étudiant en relation avec un modèle dynamique et idéal du système montage sur articulateur de précision. ● Permettre à l'étudiant de visualiser l'action des différentes variables (plan occlusal, degré de cuspidation des dents, angles condyliens, courbes de compensation, trajectoire incisive) impliquées dans l'équilibre d'un montage. ● Maintenir l'étudiant actif face à son apprentissage en minimisant les risques (découragement, charge émotionnelle) liés à l'apprentissage sur son propre montage. ● Développer la capacité de résolution de problème de l'étudiant face aux problèmes d'équilibre du montage. ● Réduire le temps d'apprentissage de ces concepts. ● Mettre l'étudiant en contact avec un plus grand nombre de cas.
Cible de formation	<p>Favoriser une modélisation des cinq variables au sein du processus cognitif de l'étudiant et permettre un apprentissage plus en profondeur de celles-ci, qui pourra ensuite être réinvesti dans l'apprentissage pratique du montage équilibré.</p>
Modalités d'enseignement	<p>Simulation assistée par ordinateur de type micromonde intégrée à une séquence d'enseignement en classe et hors classe.</p>

De là, nous avons établi les objectifs de notre simulateur en mettant ces capacités en relation avec les avantages des simulateurs pédagogiques provenant de notre cadre de référence. En revanche, à la lumière des interventions des expertes et experts, nous réalisons que nous aurions pu ajouter un élément intermédiaire d'analyse qui aurait précisé sur quelles capacités à développer nous basions nos objectifs, ce qui aurait eu pour effet de lever cette confusion.

Dans un tout autre ordre d'idées, E9 souligne que « *les objectifs sont réalistes quant à l'utilisation de la modélisation 3D* », mais attire notre attention sur son doute quant aux capacités des étudiantes et étudiants à bien comprendre l'environnement qui leur sera proposé, ce qui cadre avec les limites de la modélisation soulevées dans notre cadre de référence. Nous croyons que le fait d'inclure l'utilisation du simulateur dans une stratégie pédagogique globale, l'explication, au sein de cette stratégie, du modèle contenu dans le simulateur et le souci porté à rendre le modèle de référence signifiant pour la clientèle visée, tend à prévenir les problèmes de ce genre. Par contre, nous garderons ce commentaire en tête lorsque viendra le temps de valider la phase de développement auprès des étudiantes et étudiants.

2.2.3 *La discussion sur les contraintes techniques*

En nous référant au tableau 12, il est possible d'affirmer que, selon les expertes et experts, les contraintes techniques ont bien été circonscrites lors de la phase d'analyse de notre simulateur. En effet, ces derniers ont répondu être en accord avec l'ensemble des éléments portant sur ce sujet. De plus, les expertes et experts ont formulé très peu de commentaires, dans le cadre de la question 10. Outre E4, qui précise qu'il ou elle aurait préféré que l'affichage se fasse également en anglais, un seul autre commentaire traite des contraintes techniques et suggère l'impression au sein du

simulateur et la mise en place d'un guide de l'utilisateur, une fois le simulateur développé (E8). Nous apprécions la suggestion et en tiendrons compte en temps et lieu. Il est à noter que E9 a émis un commentaire dans le cadre de cette question, mais comme celui-ci porte sur le modèle de référence, nous le prendrons donc en considération dans la discussion portant sur le design du simulateur pédagogique.

2.2.4 La discussion sur les ressources disponibles

En ce qui a trait aux résultats concernant les ressources disponibles, compilés au tableau 14, nous traiterons de chacun des éléments individuellement. Tout d'abord, les expertes et experts sont pour la plupart tout à fait d'accord qu'il n'existe actuellement aucun simulateur pédagogique de montage équilibré en prothèses dentaires. Une personne s'est dite en désaccord, mais n'a pas précisé sa pensée à la question 12 et une autre a dit ne pas le savoir.

Relativement à l'existence de logiciels de CFAO dans le domaine dentaire, la presque totalité des expertes et experts s'est dite totalement en accord avec cette affirmation, une seule personne a mentionné ne pas être au courant. Par rapport, à la complexité de ces mêmes logiciels, les résultats sont mitigés. Il y a autant d'expertes et d'experts qui sont en accord avec le fait que les logiciels CFAO du domaine dentaire sont complexes, qu'il y en a qui ont mentionné ne pas le savoir. Une seule personne s'est dite en désaccord, mais n'a pas précisé pourquoi à la question 12. De surcroît, à la question 11.4, une majorité des expertes et experts ont exprimé ne pas savoir si les logiciels de CFAO du domaine dentaire servent peu les besoins pédagogiques liés à la problématique. Trois personnes se sont dites en accord avec cette affirmation et une est restée neutre. À cet égard, une personne en accord avec cet énoncé a précisé sa pensée à la question 12

et a dit : « *Effectivement, les logiciels existants sont conçus pour la production non pour la formation. L'objectif d'un tel système est d'automatiser les procédures afin de permettre une meilleure productivité* » (E9).

Par ailleurs, les expertes et experts sont principalement d'accord avec le fait qu'au CEM, on peut fournir un appareil informatique à chaque étudiante ou étudiant même dans le cadre d'un cours qui aurait lieu en laboratoire. Deux personnes ont mentionné ne pas le savoir et une s'est dite plutôt en désaccord. Cette dernière a expliqué sa pensée à la question 12, en mentionnant que, selon elle, les appareils qui sont disponibles pour l'utilisation en laboratoire n'ont possiblement pas la puissance nécessaire pour recevoir des logiciels de CFAO (E6). Comme notre simulateur ne sera pas un logiciel de CFAO, mais s'apparentera plutôt à un jeu vidéo, selon les fonctions déterminées lors du design. De plus, selon les contraintes techniques établies, nous souhaitons qu'il soit accessible à distance, ce qui implique l'utilisation de serveurs et de données infonuagiques, nous croyons que les appareils actuellement disponibles pourront le recevoir. En contrepartie, ce n'est seulement qu'une fois le simulateur développé que nous serons en mesure de déterminer le type d'appareil en mesure de le recevoir, ainsi nous n'excluons pas l'idée suggérée par E6 d'ajouter l'achat d'appareils informatiques au volet ressources nécessaires.

En résumé, quelques conclusions se dégagent des résultats concernant les questions 11.1 à 11.4. La première est que les expertes et experts sont en grande majorité d'accord sur le fait qu'il n'existe actuellement aucun simulateur pédagogique de montage équilibré en prothèses dentaires. La seconde est que les expertes et experts reconnaissent qu'il existe actuellement des logiciels de CFAO dans le domaine dentaire. La troisième est que les résultats actuels ne nous permettent pas

d'établir si les logiciels de CFAO pourraient ou non servir à titre de simulateur pédagogique, bien qu'une personne exprime que ceux-ci soient destinés à la production et non à la formation. La dernière conclusion a trait à notre méthodologie et confirme que l'ajout de l'option *Je ne sais pas* dans le cadre de cette question était un choix raisonné, qui tenait compte du contexte de travail de notre population, vu le nombre de fois où cette option a été utilisée.

2.2.5 *La discussion sur les ressources nécessaires*

En observant le tableau 16, il est possible de conclure que les ressources que nous avons identifiées comme nécessaires sont également reconnues comme telles par les expertes et experts. Il est à noter qu'une personne ayant exprimé sa neutralité face aux questions 13.2 et 13.3 a précisé son idée, à la question 14, en nous informant qu'il « *existe aujourd'hui des programmeurs capables de coder en 3D, soit des spécialistes de jeux vidéo. Ce qui réduirait considérablement l'ampleur du budget* » (E9). Nous retenons cette information comme pertinente et explorerons cette avenue lors du développement du simulateur pédagogique. Par ailleurs, une personne a mentionné que le temps que nous aurons à investir pour la conception et le développement du simulateur fait également partie des ressources nécessaires (E8), ce qui est en lien avec les limites des simulateurs présentées dans notre cadre de référence.

2.3 **L'interprétation des résultats en lien avec la phase de design**

L'interprétation des résultats a également été réalisée de façon à respecter l'ordre des thèmes du cahier des charges. Nous discuterons donc du design de la stratégie pédagogique globale, avant de nous attarder au design du simulateur.

2.3.1 *La discussion sur la stratégie pédagogique globale.*

En observant le tableau 18, les résultats démontrent clairement que la stratégie pédagogique globale est bien conçue et que les activités incluses sont pertinentes et permettront de suivre le processus type d'apprentissage de l'étudiante ou de l'étudiant. De plus, les expertes et experts s'entendent sur le fait que la stratégie globale est cohérente et qu'elle permet l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Nous avons également demandé si la stratégie globale est réalisable dans le cours visé : 110-435-EM. Les expertes et experts sont majoritairement en accord avec ce fait, une seule personne s'est dite neutre, nous pensons que ceci peut s'expliquer par le fait que cette personne, selon ses réponses aux questions 3 et 4, n'a jamais donné ce cours.

Par ailleurs, en ce qui a trait aux prérequis identifiés, une personne s'est dite ni en accord, ni en désaccord avec ceux-ci et a précisé, à la question 16, qu'une fois de plus elle entrevoyait l'utilisation du simulateur dans un cours d'une session préalable (E1). Une autre personne a appuyé cette affirmation en se questionnant sur le fait d'introduire le simulateur dès le début de l'apprentissage du montage afin d'initier très tôt les étudiantes et étudiants « *aux subtilités de la dynamique que comporte le montage dans son ensemble* » (E9).

Dans un autre ordre d'idées, une personne s'est dite en désaccord avec le fait que l'activité 4 permet l'organisation des connaissances et a soutenu son idée à la question 16 en mentionnant que cette activité pourrait très bien être une classe inversée, plutôt qu'un exposé magistral (E6). Nous n'excluons pas le fait que le déroulement des activités de la stratégie globale puisse être planifié différemment par d'autres enseignantes ou enseignants qui auront à utiliser le

simulateur, mais nous considérons que ce commentaire ne porte pas sur le fait que l'activité permette ou non l'organisation des connaissances. En effet, nous croyons que de présenter, de façon magistrale ou en classe inversée, la manière par laquelle les variables interagissent entre elles permettra à l'étudiante ou l'étudiant de structurer de façon claire et juste (Deshaies, 1996) la dynamique de ces variables. Nous soulignons que cette activité est effectuée en complément de l'activité 3, qui servait elle aussi à l'organisation de ces connaissances. De plus, il est primordial que les notions contenues dans cette activité ne soient pas changées, car elles servent à limiter certains aspects négatifs relatifs à l'utilisation d'un modèle (Le Moigne, 1987; Parrochia, 1990; Riopel, 2005).

Relativement au commentaire de E3 à la question 16, qui dit que dans le cadre de la stratégie pédagogique globale « *on passe à l'acquisition des connaissances de manière progressive du plus simple au plus complexe* », nous entrevoyons ce dernier comme positif. En effet, étant donné, que cette personne ne se soit prononcée en désaccord ou neutre avec aucun des points de la question 15, cela semble soutenir que de baser la stratégie pédagogique globale du simulateur sur le processus type d'apprentissage de Deshaies (1996) s'est avéré être un choix judicieux. Nous considérons que les connaissances déclaratives sur les cinq variables elles-mêmes sont d'égale complexité, mais que la compréhension de leur interaction est sans doute plus complexe, car les variables et leur utilisation en contexte de travail deviennent alors des connaissances conditionnelles. Rappelons que le but du processus type d'apprentissage est de permettre à l'étudiante ou l'étudiant de se créer une représentation juste des connaissances et des liens qui les unissent, ces dernières pourront alors être appliquées, procéduralisées et finalement

intégrées, ce qui les rendra de plus en plus fonctionnelles (Deshaies, 1996; Tardif, 1992). Nous pensons que le commentaire de E3 va en ce sens.

2.3.2 *La discussion sur le design du simulateur*

En nous référant au tableau 20, nous pouvons affirmer que le simulateur a été adéquatement défini, dans le cahier des charges, en tant que micromonde et que la simulation offerte par le biais de celui-ci est bien un hybride entre une simulation technique et une simulation de situation, car les expertes et experts se sont toutes et tous dits en accord avec ces énoncés. De plus, ceux-ci pensent que le simulateur pédagogique permettra bel et bien aux étudiantes et étudiants de manipuler un modèle.

Par ailleurs, à l'exception d'une personne qui est neutre à ce sujet, les expertes et experts trouvent que le modèle de référence est bien choisi. Aussi, les expertes et experts pensent tous que le modèle est adéquatement expliqué et qu'il est représentatif de la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie. Bien que tous et toutes s'entendent sur les qualités du modèle, nous souhaitons tout de même discuter ce point, car plusieurs commentaires, touchant celui-ci, ont été émis lors de précédentes questions. En effet, E8 suggère, à la question 6, d'intégrer « *dans le simulateur une base de données contenant plusieurs formes d'arcades, différentes mesures de boudins, différentes relations centrées* », ce qui est appuyé par E9 qui, à la question 10, dit : « *À la rigueur et/ou éventuellement, ne serait-il pas nécessaire d'y insérer tous les types de montage et de dents* »? Nous avons choisi d'arrêter notre choix sur un seul modèle, car, selon notre cadre de référence, la conception d'un simulateur pédagogique implique une « réflexion sur la nature de l'activité cognitive à laquelle l'auteur veut entraîner l'élève » (Masseux et Michau,

1996, p. 87), cette réflexion, dans notre cas, nous a amenée à déterminer que c'est sur la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques que nous voulons agir et non sur la compréhension du montage dans son entièreté. Également, ce même cadre de référence stipule qu'on « n'augmente pas l'utilité d'un modèle en le compliquant au-delà d'un certain point » (Hebenstreit, 1992, n. p.), que la création d'un modèle nécessite un découpage, donc une simplification de la réalité (Le Moigne, 1987), et que dans le cadre d'une première expérience de conception d'un simulateur pédagogique, il est préférable de choisir des systèmes simples (Choplin et al., 2000). Donc, c'est en nous basant sur les éléments de notre cadre de référence que nous en sommes venue à exclure l'option d'intégrer plus de modèles d'arcades et autres à notre simulateur pédagogique.

Dans un autre ordre d'idées, nous avons questionné les expertes et experts sur leur appréciation des fonctions incluses dans le design du simulateur. Les résultats démontrent que ceux-ci trouvent les fonctions du simulateur pertinentes, complètes et adéquatement expliquées. De plus, la majorité d'entre eux considèrent que les fonctions permettent de reproduire la dynamique du système : montage équilibré sur articulateur. Une seule personne s'est dite en désaccord avec cet énoncé, mais aucune unité d'analyse en lien avec les fonctions ne ressort dans son commentaire de la question 18. En revanche, une autre personne souligne que le simulateur fait déjà plus que ce qu'elle aurait pu imaginer (E1). D'autre part, une experte ou un expert suggère, quant à cet élément, l'ajout au sein du simulateur, d'un lexique contenant une définition des variables et autres termes (E3), ce que nous retenons comme piste d'amélioration.

Aussi, toujours en ce qui a trait aux fonctions du simulateur, E3 indique que le mouvement de rétrusion pourrait être une fonction intéressante à ajouter au simulateur et précise que « *certaines articulateurs le considèrent comme un mouvement pertinent dans la construction d'une prothèse dentaire* » (E3). Tout d'abord, face à ce commentaire, il convient d'expliquer ce qu'est le mouvement de rétrusion. Ce dernier peut être entrevu comme le mouvement contraire à la protrusion, définie dans notre cadre de référence. C'est-à-dire le mouvement, qui à partir de la position neutre de relation centrée, amène les condyles vers l'arrière, plutôt que vers l'avant. Pour Lejoyeux (1976), « c'est un mouvement volontaire dit de "contrainte" » (p. 94), car, en effet, ce n'est pas un mouvement souhaitable, voire agréable pour les ATM et les muscles entourant la mandibule et ce n'est pas un mouvement que l'on peut effectuer de façon inconsciente¹². Pour cette première raison, nous avons choisi de ne pas l'inclure dans les fonctions du simulateur. De plus, l'articulateur Hanau utilisé dans le cadre de la formation Techniques de denturologie ne permet pas ce mouvement. Ainsi, selon les résultats obtenus à la question 9.7, toutes les expertes et tous les experts sont d'accord avec l'énoncé affirmant que le simulateur doit représenter de manière fidèle l'articulateur Hanau utilisé par les étudiantes et étudiants du programme, ce qui constitue la seconde raison expliquant pourquoi nous ne souhaitons pas inclure la rétrusion dans les fonctions du simulateur.

¹² Il est possible d'effectuer ce mouvement en tentant de faire toucher la pointe de la langue à la luvette ou à l'arrière du palais et en fermant les dents, la personne sera à même de ressentir l'inconfort que ce mouvement apporte à sa musculature et à ses ATM. Le mouvement le plus reculé, pouvant être effectué de façon inconsciente, est le retour à la relation centrée.

Aux questions 17.13 et 17.14, nous avons demandé l'avis des expertes et experts sur le design des exercices inclus dans le simulateur. L'ensemble de ces personnes trouve que les exercices sont représentatifs de la situation de travail du denturologiste et la majorité d'entre elles pensent que les exercices permettent de traiter toutes les variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. En effet, en réponse à la question 18, une personne souligne qu'elle « *croi[t] que les mises en situation représentent bien les défis auxquels font face les denturologistes lorsqu'il est question de montage* » (E9). Par contre, une personne s'est dite en désaccord avec cette affirmation et elle commente, à la question 18, en mentionnant les contraintes « *sur les matériaux, la modélisation du transfert d'arc facial, la modélisation d'une reprise de relation centrée en bouche et la modélisation de la réarticulation du cas* » (E8). Nous ne savons pas quelle interprétation tirer de ce commentaire. Dans le cas où cette personne trouve que ces éléments seront trop difficiles à intégrer dans la modélisation incluse dans le simulateur, il faut savoir qu'il n'a jamais été question de modéliser ou d'inclure une représentation visuelle des éléments faisant partie des mises en situation des exercices. Ces mises en situation apparaîtront sous forme de texte et serviront à contextualiser les connaissances conditionnelles que nous souhaitons faire apprendre à l'étudiante ou l'étudiant. Bien que nous présentions, à la page 51 du cahier des charges, une configuration d'écran où nous indiquons à l'écrit l'espace réservé aux mises en situation, nous considérons que d'ajouter à la section exercice une note explicative précisant que celles-ci apparaîtront à l'écrit pourrait bonifier le cahier des charges. Sinon, nous ne voyons aucune autre unité d'analyse en lien avec les exercices dans le commentaire de E8 à la question 18.

Finalement, selon les résultats obtenus aux questions 17.15 à 17.17, il semble que la configuration des écrans soit l'élément sur lequel il sera nécessaire d'apporter le plus de corrections. En effet, bien que la majorité des expertes et experts trouve que la configuration des écrans offre un environnement visuellement agréable, qui permettra aux étudiantes et étudiants de naviguer aisément dans le simulateur et qui permettra aux développeuses ou développeurs de comprendre l'environnement attendu, il n'en demeure pas moins que c'est en réponse à ces questions que les gens ont exprimé, le plus fortement, leur désaccord.

En effet, une personne a exprimé être plutôt en désaccord avec le fait que le simulateur permettra une navigation aisée aux utilisatrices et utilisateurs. Tandis que deux personnes se sont dites totalement en désaccord avec le visuel agréable de la configuration proposée et une s'est dite neutre. L'une des personnes fortement en désaccord n'a malheureusement pas émis de commentaire à la question 18, l'autre souligne « *qu'une vue occlusale démontrant visuellement les points de contact en relation centrée, travaillant et balançant serait appropriée* » (E8) ce qui explique également avec son désaccord exprimé à la question 17.17.

Quelques éléments expliquent selon nous ce désaccord avec la configuration des écrans. Le premier est notre capacité limitée en design graphique, nous avons voulu créer une maquette pour démontrer l'environnement attendu, mais nous n'avons pas les compétences requises pour élaborer une modélisation 3D. De là, nous avons tenté de l'expliquer à l'aide de photos en mettant une note explicative au début de la section du cahier des charges. Néanmoins, nous convenons qu'à partir des configurations présentées, il est sous-entendu et non explicite que toutes les fonctions discutées seront incluses dans la modélisation, incluant a) l'affichage des tracés

occlusaux (observable en vue occlusale), b) l'ouverture de l'articulateur, c) la sélection des versants et des bords incisifs (vue occlusale), d) le zoom de l'image et e) la rotation de l'image, ce qui explique le commentaire de E8. En second lieu, nous croyons que le fait d'avoir présenté le cahier des charges, imprimé en noir et blanc, a pu avoir une certaine incidence sur les réponses concernant le visuel de la configuration des écrans en plus de créer une différence dans l'appréciation que les participantes et les participants ont pu avoir de cette section. D'ailleurs, une experte ou un expert en a même fait mention (E3) dans ses commentaires de la question 22, concernant les aspects généraux à améliorer au sein du simulateur.

Par ailleurs, quelques participantes et participants qui étaient en accord avec la configuration actuelle des écrans ont tout de même proposé des pistes d'amélioration concernant cet élément. Ainsi, à la question 18, E3 suggère d'inscrire le côté droit et le côté gauche en haut et une seule fois, ce qui contribuerait à alléger la présentation des différents éléments dans l'écran. De plus, cette personne bonifie son idée, à la question 22 portant sur les améliorations globales, et suggère des icônes pour représenter les variables. Nous trouvons l'idée fort pertinente et avons choisi de la retenir pour le développement de notre simulateur. E9, pour sa part, « *propose que la manipulation se rapproche plus de la réalité avec les ajustements disponibles sur l'articulateur en 3D* » en réponse à la question 18 et souligne, à la question 22, les effets bénéfiques que la réalité virtuelle pourrait avoir dans le cadre de ce projet. Nous consentons que la réalité virtuelle serait un apport au simulateur, en plus, le CEM est doté d'un espace-classe dédié à la réalité virtuelle. Par contre, comme nous en sommes à notre première expérience, de conception et éventuellement de développement de simulateur, et qu'il est préférable de garder le système simple dans un tel contexte, nous ne pensons pas rendre le projet en réalité virtuelle dans sa première version. En

contrepartie, nous nous informerons des tenants et aboutissants d'une telle technologie auprès des personnes qui développeront le simulateur, si cela demeure simple, nous sommes ouverte à l'idée.

Pour améliorer notre compréhension et mieux cerner les éléments problématiques et les attentes en ce qui concerne la configuration des écrans, nous croyons que la conduite d'un groupe de discussion focalisée, portant sur ce sujet, pourrait être une étape à entreprendre avant de poursuivre à la phase de développement.

2.4 La discussion sur la possibilité d'application du simulateur à d'autres cours

À la question 20, nous avons demandé aux expertes et experts si, selon eux, le simulateur pourrait être utilisé dans d'autres cours du programme. La réponse est sans équivoque oui, à l'exception d'une personne qui précise que cette donnée sera plus facilement évaluable après avoir implanté le simulateur (E2). Une bonne proportion des expertes et experts ont précisé voir un usage possible dans le cours 110-404-EM : *Équilibre du système buccodentaire* (E1; E4; E6). Tel que mentionné dans notre problématique, ce cours inclut une amorce des variables mécaniques reliées au montage équilibré et une première compréhension de leur incidence sur la prise de mesures en bouche et sur la pratique du montage. Il serait donc, selon nous, possible d'utiliser le simulateur dans le cadre de ce cours étant donné que les objectifs d'apprentissage de celui-ci rencontrent les objectifs poursuivis par le simulateur. Par contre, il serait nécessaire de verrouiller des données, tel que suggéré par E6. Nous considérons également que les exercices 1 et 2 du simulateur pourraient être utilisés à bon escient dans ce cours, ce qui n'exclut pas l'application, comme prévu, de la stratégie globale conçue dans le cours 110-435-EM.

La majorité des expertes et experts se sont prononcés en faveur de l'utilisation du simulateur dans tous les cours qui sont reliés au montage en prothèses complètes (E5; E6; E7; E8), E8 a même parlé des cours en prothèses partielles. Pour sa part, E9 a même extrapolé l'usage à la compréhension des problèmes d'ATM. Nous demeurons mitigée face à ces résultats, car il est clairement spécifié dans notre cadre de référence qu'un simulateur aura un effet positif et un effet cognitif non négligeable dans la mesure où les étudiantes et étudiants possèdent déjà les connaissances de base (Beaufils et Richoux, 2003; Larouche, 2013; Riopel, 2005). Or, selon les plans-cadres de ces cours, les étudiantes et étudiants ne possèdent pas les connaissances de base pour utiliser le simulateur, lorsqu'ils et elles se trouvent à cette étape de leur formation. De plus, les expertes et experts étaient en majorité d'accord avec la clientèle cible et les besoins pédagogiques identifiés à la question 7. Par ailleurs, à la question 15.1, ils et elles étaient en grande majorité d'accord sur les prérequis du simulateur. Nous entrevoyons ici la possibilité que les commentaires des expertes et experts découlent principalement du manque de ressources didactiques appliquées à la denturologie et que ces derniers aient vu la simulation et la modélisation comme des options intéressantes à appliquer à d'autres contextes concernant le montage, mais qu'ils et elles n'ont pas fait la distinction entre le simulateur présenté et les simulateurs en général lorsqu'ils ont répondu à cette question.

D'autre part, E3 a suggéré l'utilisation du simulateur à la formation continue et dans le programme Techniques de prothèses dentaires du CEM, qui est connexe à la denturologie. De plus, cette personne conseille de le soumettre à d'autres programmes de denturologie au Canada. Nous considérons que si ces différents programmes de formation poursuivent, dans l'un ou plusieurs de leur cours, des objectifs similaires à ceux du cours 110-435-EM, il serait envisageable d'exporter

notre simulateur pédagogique à ces programmes. Évidemment, pour favoriser cette exportation dans les autres programmes du Canada, il sera nécessaire de tenir compte du commentaire de E4 sur les améliorations à apporter au simulateur et de permettre l’affichage en anglais.

2.5 Les améliorations à apporter au cahier des charges

Bien que certaines personnes ayant participé à la recherche ne voient aucun point à améliorer en ce qui a trait au simulateur et au cahier des charges (E1; E7), d’autres ont souligné quelques éléments à la question 22, en plus de celles qui ont été relevées tout au long de l’interprétation des résultats. Nous offrons un résumé des améliorations suggérées, des décisions prises face à celles-ci et des raisons ayant conduit à ces décisions. Les aspects concernant la phase d’analyse se trouvent dans le tableau 27 et ceux sur le design au tableau 28.

Tableau 27. Résumé des suggestions d'améliorations et des décisions prises sur la phase d'analyse

Thème concerné	Amélioration suggérée	Décision et explications
Contexte de développement du simulateur	« <i>Concentrer la problématique sur le manque de ressources didactiques</i> » (E6)	Nous ne modifierons pas la problématique, la majorité des expertes et experts la trouve claire et en lien avec la réalité vécue dans le programme.
Clientèle cible et besoins pédagogiques	Modifier le tableau d'analyse de la clientèle cible et des besoins	Nous proposons d'ajouter un élément au tableau d'analyse des besoins en ce qui a trait aux capacités à développer à l'aide du simulateur pour éliminer toute confusion en regard des objectifs poursuivis par celui-ci. Ce qui est également en lien avec le précédent commentaire sur la problématique.
	Utiliser le simulateur dans d'autres cours du programme (E1; E2; E3; E4; E5; E6; E7; E8; E9)	Dans sa forme actuelle, le simulateur devrait être utilisé uniquement dans le cours 110-435-EM. Une petite adaptation pourrait permettre son utilisation dans le cours 110-404-EM. Nous ne recommandons pas son utilisation dans d'autres cours, car pour qu'un simulateur soit efficace les étudiantes et étudiants qui l'utilisent doivent posséder des connaissances de base (Beaufils et Richoux, 2003; Larouche, 2013; Riopel, 2005).
	Prendre en considération la capacité de la clientèle à comprendre l'environnement proposé (E9)	Cet élément est en lien avec les limites de la modélisation soulevées dans notre cadre de référence. Nous y avons porté une attention particulière lors de la phase de design de la stratégie globale et nous validerons cet effet au terme de la phase de développement, lors des évaluations conduites auprès de la clientèle cible.
Contraintes techniques	Permettre l'affichage en anglais (E4)	Oui. Pour rejoindre les visées d'exportations dans d'autres programmes de denturologie au Canada (E3)
	Permettre l'impression au sein du simulateur (E8)	Oui. Cela permettra aux enseignantes et enseignants de créer des exercices papier, à partir des modélisations du simulateur.
	Créer un manuel de l'utilisateur (E8)	Oui. Cela aidera à la phase d'implantation du simulateur.
Ressources disponibles	Comparer « <i>avec l'information d'autres simulateurs existant dans le domaine dentaire</i> » (E5)	Non. Comme les expertes et experts sont majoritairement en accord sur le fait qu'il n'existe actuellement pas de simulateur pédagogique en denturologie, nous irons de l'avant avec la phase de développement du simulateur. Nous n'explorerons pas plus en détail les logiciels CFAO, qui sont présents sur le marché, car ils sont conçus pour la production et non pour la formation (E9).
Ressources nécessaires	Tenter d'engager un spécialiste de jeu vidéo pour la phase de développement (E9)	Oui. Selon E9, les spécialistes de jeux vidéo possèdent les compétences de plusieurs personnes nécessaires à la phase de développement d'un simulateur, selon notre cadre de référence (Caens-Martin, 2004; Choplin et al. 2000), ce qui permettra d'économiser sur le budget.
	Prévoir l'achat d'appareils informatiques (E6)	Oui. Au terme de la phase de développement, si nous voyons que ceux actuellement disponibles ne permettent pas l'utilisation du simulateur en classe.

Tableau 28. Résumé des suggestions d'améliorations et des décisions prises sur la phase de design

Thème concerné	Amélioration suggérée	Décision et explications
Stratégie globale	Changer l'activité 4 pour une classe inversée (E6)	Le déroulement de l'activité peut être modifié, pourvu que les notions qui y sont incluses demeurent les mêmes, car elles servent, entre autres, à l'explication du modèle inclus dans le simulateur. Ceci a été pensé dans le but de limiter les aspects négatifs de l'utilisation d'un modèle (Le Moigne, 1987; Parrochia, 1990; Riopel, 2005).
Modèle de référence	Intégrer plus de modèles, de dents et de formes d'arcades dans le simulateur (E8; E9)	La conception d'un simulateur pédagogique nécessite une réflexion sur ce à quoi on souhaite entraîner les étudiantes et étudiants (Masseux et Michau, 1996). Par l'usage de ce simulateur, nous voulons les entraîner à la résolution de problème concernant la dynamique des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Le fait d'inclure d'autres modèles de bouche ou de dents ne viendrait pas bonifier cet apprentissage, mais viendrait plutôt le compliquer, ce qui va à l'encontre des éléments soulevés dans notre cadre de référence (Choplin et al., 2000; Hebenstreit, 1992; Le Moigne, 1987).
Fonctions	Ajouter un lexique (E3)	Oui. Cela pourrait favoriser l'apprentissage ou la révision des notions.
	Ajouter la fonction de rétrusion (E3)	Non. Ce n'est pas une fonction qui est présente sur l'articulateur Hanau. Les expertes et experts sont d'accord sur le fait que le simulateur doit reproduire fidèlement l'articulateur utilisé par les étudiantes et étudiants.
Exercices	Préciser, dans la section exercices, que ceux-ci apparaîtront à l'écrit sous forme de mise en situation au sein du simulateur.	Ceci aidera à prévenir toute confusion concernant le fait que les éléments contenus doivent ou non être représentés graphiquement.
Configuration des écrans	Ajouter côté gauche et côté droit en haut de l'écran (E3)	Oui. Cela permettra d'éviter les répétitions et épurera le visuel.
	Utiliser des icônes plutôt que des termes écrits (E3)	Oui. Cela permettra d'améliorer le visuel.
	Prévoir une vue occlusale (E8)	Cet aspect était implicite de par les fonctions établies préalablement dans le cahier des charges et est limité par notre manque d'aptitude en design graphique.
	Améliorer l'interface de l'utilisateur (E8)	Ce n'est pas encore une réelle interface, comme nous en sommes à la phase de design. Nous avons déjà prévu une amélioration des rendus en phase de développement, ce qui était précisé au début de cette section du cahier des charges. Nous comptons conduire un groupe de discussion focalisé à ce sujet avant le développement.
	Rapprocher l'activation des fonctions de la vraie manipulation et favoriser la réalité virtuelle (E9)	Nous retenons la suggestion et discuterons avec les développeuses et développeurs de la possibilité d'y arriver lors du premier développement.

De plus, nous avons retenu deux pistes d'amélioration plus globales. Tout d'abord, E6 a relevé deux coquilles dans notre cahier des charges, nous les avons corrigées avant d'inclure ce dernier en annexe de l'essai. En ce qui a trait à l'utilisation du simulateur par les étudiantes et étudiants, E2 soulève ses inquiétudes sur la capacité de ceux-ci à bien faire la distinction entre les manipulations faites dans le simulateur pédagogique et les manipulations réalisées dans le cadre de vrais montages. Cette inquiétude correspond effectivement aux limites des simulations révélées dans notre cadre de référence, qui dit que le modèle peut se confondre dans l'esprit des étudiantes et étudiants et qu'il y a des risques que ceux-ci se sentent formés et compétents alors qu'en réalité ils et elles ont une appréciation erronée des difficultés de l'action en contexte réel (Hebenstreit, 1992; Jambon et al., 1998; Riopel, 2005). Nous avons tenté de prévenir cette réalité en incluant à la stratégie pédagogique globale des moments de montage où les étudiantes et étudiants pourront pratiquer, en vrai, les apprentissages réalisés sur le simulateur.

2.6 L'interprétation des résultats en lien avec l'objectif général de l'essai

En observant le tableau 22, il est possible d'affirmer que les expertes et experts ont trouvé que le cahier des charges est clair et que l'information contenue est pertinente. De plus, ceux-ci sont d'accord avec le fait que le simulateur pédagogique favorisera à la fois la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, ce qui soutient le fait que nous avons atteint l'objectif général de notre essai. Aussi, les expertes et experts pensent que la phase de conception est complète et que le projet est prêt à passer à la phase de développement. Par ailleurs, les participantes et participants à la recherche ont trouvé que le projet est fort pertinent pour le département de denturologie. C'est d'ailleurs l'un des

éléments qui a été le plus apprécié dans le cadre des commentaires de la question 21. La pertinence à titre de matériel didactique spécialisé à la denturologie (E5; E6; E7; E8; E9) et également comme aide à la compréhension et à l'apprentissage des concepts abstraits du montage pour les étudiantes et étudiants (E1; E3; E9). D'autre part, une personne a apprécié l'envergure du projet (E1), une autre l'interactivité offerte par le simulateur (E2) et une autre la simplicité de l'utilisation (E3). Un dernier élément qui a été apprécié dans l'ensemble du projet est la flexibilité et les possibilités offertes par la variété des données incluses dans le simulateur (E1; E4).

CONCLUSION

L'objectif général de cet essai était de concevoir un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et étudiants en Techniques de denturologie. Nous avons débuté notre essai en expliquant le contexte de travail des denturologistes et le programme de formation permettant à terme de pratiquer cette profession. Nous avons détaillé le processus type de fabrication de prothèses dentaire et y avons relié les compétences du programme pour ensuite mettre en lumière la place prépondérante que le montage des dents tient dans la fabrication d'une prothèse dentaire et les différents cours qui servent à l'apprentissage du montage. Ensuite, nous avons exposé la problématique reliée à la faible compréhension, par les étudiantes et étudiants, des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, dû à leur incapacité de les modéliser et à leur faible maîtrise des bases du montage. Les répercussions indéniables sur la qualité de la prothèse remise à la patiente ou au patient ont été mises en lumière. De plus, nous avons expliqué la réalité à laquelle les enseignantes et les enseignants de denturologie sont confrontés face à l'enseignement de ces concepts, entre autres en ce qui a trait à la faible disponibilité de ressources didactiques spécialisées en denturologie et à la précision de l'instrumentation requise pour effectuer cette étape du processus type de fabrication. Nous avons également dévoilé la façon par laquelle d'autres enseignantes et enseignants du collégial et du domaine professionnel ont réussi à accompagner leurs étudiantes et étudiants étant aux prises avec des problèmes similaires de modélisation. Ainsi, nous avons pu établir qu'un simulateur serait un outil pédagogique efficace pour répondre à notre problématique et, voyant qu'aucun simulateur de

montage en prothèse complète n'avait fait l'objet de recherche ou de développement, nous avons envisagé la conception de ce dispositif spécialisé comme thème central.

Partant de ce fait, nous avons établi un vaste cadre de référence qui a défini de manière exhaustive les trois concepts clés de l'essai découlant de l'objectif général : la simulation et les simulateurs pédagogiques, la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. En ce qui concerne le premier concept, la simulation et les simulateurs pédagogiques, nous avons présenté la nuance entre les simulations scientifiques et les simulations en formation ainsi que la place prépondérante que joue la didactique dans la mise en place des situations de simulation et le rôle actif que l'enseignante ou l'enseignant doit jouer dans la conduite d'une simulation en contexte d'apprentissage. Par ailleurs, nous avons exploré les avantages et les limites des simulateurs pédagogiques et le processus de conception d'un tel simulateur. Comme second concept, nous avons abordé la modélisation, nous en retenons qu'elle est étroitement liée au paradigme systémique, à la notion de système et de modèle. De plus, nous avons découvert la place que celle-ci entretient dans le domaine de l'apprentissage et de l'acquisition de connaissances et de compétences. Nous en avons également exploré les limites. Comme concept final de notre cadre de référence, nous avons détaillé le concept d'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Ceci nous a permis de reconnaître les apports de la psychologie cognitive dans la compréhension de l'apprentissage et de définir le processus type d'apprentissage. Nous y avons également décrit les connaissances sur lesquelles devrait porter cet apprentissage, soit le montage équilibré en prothèses dentaires complètes et les variables y étant reliées.

Au travers des différents éléments du cadre de référence, nous avons pu comprendre que la simulation est une forme de modèle dynamique, que la construction d'un modèle s'établit au sein d'une communauté scientifique particulière et qu'un modèle peut servir à l'apprentissage, d'où l'importance de développer le concept touchant à l'apprentissage des variables mécaniques qui, en soit, appartient au domaine de la denturologie. Par ailleurs, nous avons pu présenter les apports de la psychologie cognitive quant aux grands courants de pensée en éducation que sont le cognitivisme et le constructivisme. Nous avons également pu déduire un processus type d'apprentissage basé sur les principaux éléments de la psychologie cognitive. De plus, il a été déterminé que la conception d'un simulateur pédagogique devait se faire selon une démarche rigoureuse tenant compte de la didactique, si l'on souhaite en tirer le maximum d'avantages et le minimum d'inconvénients.

Ainsi, nous avons pu établir les objectifs spécifiques de cet essai qui sont de : 1) concevoir un simulateur pédagogique selon une démarche de recherche développement et 2) valider la conception du simulateur auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie.

Partant de nos objectifs spécifiques, nous avons choisi de conduire une recherche développement, selon le modèle de Harvey et Loiselle (2009), dans une approche méthodologique pragmatique/mixte, à prédominance qualitative, puisque nous avons priorisé l'efficacité pour répondre à notre problème qui découlait de la pratique (Fortin et Gagnon, 2016). Nous y avons établi la prédominance qualitative, car nous nous intéressions au sens des propos exprimés par les participantes et participants. Aussi, nous avons choisi le modèle d'ingénierie pédagogique ADDIE, pour conduire la phase d'opérationnalisation de notre recherche développement. Les raisons ayant

conduit à ce choix sont multiples, les principales étaient son efficacité quant au développement de produits pédagogiques (Basque, 2004, 2017; Cooney, 2016; Deschamps, 2015; Noreau, 2018; Robert, 2016) et l'adéquation entre celui-ci et les concepts de modélisation et de simulateur pédagogique provenant de notre cadre de référence. De plus, il était possible de l'inclure efficacement dans le modèle de recherche développement retenu. Ainsi, nous avons appliqué les deux premières phases du modèle ADDIE pour opérationnaliser l'objectif général de notre essai, ce qui a découlé sur la production d'un cahier des charges détaillé. Nous avons élaboré un journal de bord de la chercheuse tout au long des phases d'analyse et de conception pour garder des traces des décisions prises et des raisons derrière celles-ci, ce qui a permis la triangulation des données lors de l'interprétation des résultats.

La poursuite du deuxième objectif spécifique de cet essai était de valider la conception du simulateur auprès d'expertes et d'expert en pédagogie de la denturologie en concordance avec la phase d'évaluation du modèle ADDIE. Nous avons créé un questionnaire d'évaluation du cahier des charges de notre simulateur pédagogique. Celui-ci servait à recueillir les impressions des expertes et experts sur notre simulateur au travers de questions fermées et ouvertes pouvant être mises en relation pour en dégager une compréhension riche de sens (Fortin et Gagnon, 2016), de là découlait notre méthodologie mixte.

Les participantes et participants ont été recrutés auprès de l'ensemble des enseignantes et enseignants du programme Technique de denturologie du cégep Édouard-Montpetit. Ils étaient membres de l'ODQ et avaient enseigné au courant des deux dernières années. L'échantillon est non probabiliste intentionnel, car il a été basé sur des critères précis. Ainsi, nous avons soumis

notre cahier des charges et notre questionnaire d'évaluation aux neuf expertes et experts en pédagogie de la denturologie qui ont accepté de participer à ce projet de leur plein gré.

Les données recueillies à l'aide du questionnaire ont ensuite été traitées, en nous assurant de préserver le bien-être et l'anonymat des participantes et participants, pour permettre d'en dégager des pistes d'analyse. Nous avons ensuite présenté l'intégralité des résultats et les avons interprétés pour en tirer des conclusions.

En somme, nous croyons que l'objectif général de cet essai a été atteint. En effet, en nous basant sur l'ingénierie pédagogique et les définitions des différentes phases de ce modèle, offertes par Basque (2017), et en regard des résultats obtenus par le biais des questionnaires, il nous est possible d'affirmer que nous avons procédé à la conception d'un simulateur pédagogique, grâce à la mise en place d'un cahier des charges. De plus, selon les résultats obtenus, il est juste d'avancer que, dans l'ensemble, les phases d'analyse et de design se sont avérées efficaces et bien réalisées. Aussi, les expertes et experts ont exprimé apprécier la pertinence de l'outil conçu en fonction de la problématique réelle vécue au sein du programme Techniques de denturologie. Par ailleurs, les expertes et experts ont confirmé que les objectifs d'aide à la modélisation et à l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes ont été atteints et que le simulateur pourra aider les étudiantes et étudiants du programme. En plus, ils et elles ont confirmé que les variables y étaient toutes abordées.

En ce qui a trait à l'objectif spécifique de conception d'un simulateur pédagogique selon une démarche de recherche développement, nous croyons également l'avoir atteint. En effet, le fait de concevoir le simulateur selon le modèle de recherche développement en éducation de

Harvey et Loisel (2009) nous a permis d'appuyer nos décisions sur un cadre de référence étoffé et sur une problématique bien définie lors de l'analyse et du design du simulateur. Par le fait même, cela nous a permis de dépasser le simple développement de produit et, grâce à l'utilisation d'un journal de bord et à une description détaillée de chacune des étapes, de rendre compte de la démarche de conception dans son entièreté (Harvey et Loisel, 2009). Par ailleurs, l'application rigoureuse de chacune des phases de recherche nous a permis de concevoir un dispositif qui respecte les phases de conception d'un simulateur pédagogique établies dans notre cadre de référence (Choplin et al., 2000), ce qui au final a conduit à la réussite de ce projet.

Nous croyons également avoir atteint l'objectif spécifique de validation de la conception du simulateur pédagogique par des expertes et experts en pédagogie de la denturologie. Plusieurs éléments permettent de l'affirmer. Tout d'abord, l'échantillonnage a permis de sélectionner des participantes et participants qui présentaient des caractéristiques et des compétences nécessaires à cette validation. Ensuite, la présentation, à ces personnes, du cahier des charges qui témoigne de la conception du simulateur dans un document structuré et détaillé. Puis, la création du questionnaire en fonction des éléments et thèmes contenus dans le cahier des charges. Finalement, la conduite d'une phase d'évaluation du cahier des charges à l'aide du questionnaire développé en conséquence, les résultats positifs et les commentaires de qualité obtenus durant cette étape. En plus de l'accord des expertes et experts avec le fait que les étapes d'analyse et de design rassemblent suffisamment d'informations pour permettre à la chercheuse de passer à l'étape subséquente de développement soutiennent l'atteinte de cet objectif de validation.

Les limites de cet essai ont trait au milieu dans lequel la recherche s'est déroulée. En effet, le caractère local de la recherche, la conception d'un simulateur pédagogique pour les étudiantes et les étudiants de Techniques de denturologie, programme qui se donne uniquement au cégep Édouard-Montpetit, la validation auprès d'enseignantes et d'enseignants de ce même cégep ainsi que la petite taille de l'échantillon empêche la généralisation des résultats. Par contre, il a tout de même été possible d'en dégager des pistes d'action et de faire des descriptions suffisamment détaillées des éléments de la recherche pour assurer la transférabilité des résultats de celle-ci. De plus, la conduite de la recherche dans l'environnement de travail de la chercheuse a pu influencer la désirabilité sociale des participantes et des participants. Ceux-ci ont pu chercher à plaire à la chercheuse en répondant ce qu'ils croyaient que cette dernière voulait entendre, plutôt que de donner leur opinion réelle sur le simulateur pédagogique. Nous avons pris toutes les mesures en notre pouvoir afin de minimiser ce phénomène en leur spécifiant, dans les consignes du questionnaire, de répondre le plus honnêtement possible et en assurant l'anonymisation des questionnaires.

La dernière limite envisagée de cette recherche est en lien avec la subjectivité de la chercheuse. En effet, puisque nous avons été au cœur de chacune des décisions de conception, nos expériences antérieures et notre bagage théorique ont pu, en quelque sorte, orienter nos choix et notre analyse des données (Loiselle et Harvey, 2007). La présentation des résultats opposés et la triangulation des données ont servi à diminuer les impacts découlant de cette subjectivité.

Nous entrevoyons comme retombées de notre projet de recherche, d'une part, la possibilité de développer, en collaboration avec le CCDMD, le simulateur pédagogique conçu en tenant

compte des améliorations proposées par les expertes et experts ayant participé au projet et retenues comme pertinentes lors de l'interprétation des résultats. Avant ce développement, nous envisageons conduire un groupe de discussion focalisée pour bien cerner les attentes en ce qui concerne la configuration des écrans. D'autre part, au terme de ce développement, nous pourrions conduire une phase d'évaluation auprès des étudiantes et étudiants du programme Techniques de denturologie du CEM. Il serait ainsi possible de recueillir les impressions de la clientèle cible et de peaufiner le simulateur pédagogique en regard des commentaires obtenus.

Par ailleurs, nous voyons la réalité virtuelle comme une autre piste de développement. Ainsi, plutôt que d'avoir une médiation de l'action identifiée comme une limite attribuable aux simulateurs, les étudiantes et étudiants pourraient avoir l'impression d'être en contact avec un vrai articulateur grâce à l'environnement virtuel.

Une autre piste de développement serait d'introduire, dans le même simulateur, d'autres simulations et exercices qui permettraient aux étudiantes et étudiants de modéliser et d'apprendre d'autres éléments abstraits du montage, comme les rapports interarcades et les zones neutres. Ceci viendrait, par le fait même, encore mieux répondre à la problématique du manque de matériel didactique spécialisé à la denturologie.

Une fois que le simulateur pédagogique aura fait l'objet d'une suite itérative de mises à l'essai et d'améliorations et qu'il aura atteint son stade de développement final, il est envisageable qu'il soit intégré dans un ou plusieurs cours du programme Techniques de denturologie ayant trait au montage équilibré en prothèses dentaires complètes. Il pourra donc être un outil didactique de référence aidant les enseignantes et enseignants dans leur travail et permettant, comme

l'innovation qu'il se veut être, l'amélioration durable de la réussite des étudiantes et étudiants en matière de résolution de problèmes en lien avec l'équilibre du montage. Il permettra donc aux denturologistes de demain de fabriquer des prothèses dentaires complètes de meilleure qualité.

Finalement, cette recherche pourrait être un excellent point de départ à quiconque souhaite entreprendre la conception d'un simulateur pédagogique pour répondre à un problème de modélisation concernant des notions abstraites de son propre champ d'expertise. Ainsi, il ou elle aura des outils efficaces, dédiés à répondre à des problèmes de pratiques et facilement adaptables à un autre domaine, comme référence. Nous recommandons la méthodologie retenue, surtout en ce qui a trait à l'opérationnalisation de la recherche à l'aide du modèle ADDIE et nous conseillons, également, l'introduction d'un simulateur dans une stratégie pédagogique globale qui tient compte du processus d'apprentissage des étudiantes et étudiants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

3Shape. (2015). *Full dentures workflow* [vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=dFB9QFFuoN0&app=desktop>

Archambault, G. (2000). *47 façons pratiques de conjuguer enseigner avec apprendre* (2^e éd.). Québec, Canada : Les Presses de l'Université Laval. (Ouvrage original publié en 1998)

Association des denturologistes du Canada. (2018). Membres et sociétés affiliées : Fédération internationale des denturologistes. Repéré à http://www.denturist.org/members_ifdfr.html

Basque, J. (2004). En quoi les TIC changent-elles les pratiques d'ingénierie pédagogique du professeur d'université? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1(3), 7-13.

Basque, J. (coll. Contamines, J. et Maina, M). (2017). TED 6312 : *Introduction à l'ingénierie pédagogique* (4^e éd.). Recueil inédit, Université TÉLUQ, Montréal, Canada. (Document original publié en 2010)

Batarec, E. (1998). *Lexique des termes de prothèse dentaire* (2^e éd.). Rueil-Malmaison, France : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1972)

Beaufils, D. et Richoux, B. (2003). Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique. *Didaskalia*, 23, 9-38.

- Bizier, N. (2008). Choisir des contenus reconnus et pertinents : un geste professionnel didactique majeur. *Pédagogie collégiale*, 21(2), 13-18.
- Bonifay, P. (2017). Rapport intermaxillaire : Quatrième séance clinique. Dans M. Pompignoli, J.Y. Doukhan et D. Raux (dir.), *Prothèse complète : clinique et laboratoire* (5^e éd., p. 129-172). Rueil-Malmaison, France : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1993-1994)
- Bonnet, G., Batisse, C., Bessadet, M., Tamini, F., Veyrune, J., Francois, O. et Nicolas, E. (2018). Teaching removable partial denture design: METACIEL, a novel digital procedure. *International Journal of Medical Education*, 9, 24-25.
- Boucher-Genesse, F. (2012). *Étude de différentes utilisations d'un jeu vidéo éducatif conçu spécifiquement pour intervenir sur certaines conceptions en physique mécanique : Mécanika* (Mémoire de maîtrise inédit). Université du Québec à Montréal, Québec, Canada.
- Bouhadada, T. et Meftah, C. (2008). SIMULAgent : coopération entre agent pédagogique et simulateur d'activités pédagogiques interactives. *Actes du colloque africain sur la recherche en informatique et en mathématiques appliquées (CARI)* (p. 487-495). Rabat, Maroc : Mohammadia School of Engineers.
- Bücco. (s.d.). *Dentisterie opératoire*. Repéré le 26 novembre 2019 à <https://www.guidedessoins.com/dentisterie-operatoire/>

- Caens-Martin, S., Specogna, A., Delépine, L. et Girerd, S. (2004). Un simulateur pour répondre à des besoins de formation sur la taille de la vigne. *Sciences et technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation*, 11, 197-211.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2018a). *Tableau des relations objectifs-cours*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2018b). *Kit d'instruments*. Longueuil, Canada : Département de Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2019a). *Plan-cadre de cours : Plan de traitement et traitements préprothétiques*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2019b). *Plan-cadre de cours : Séminaire*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2019c). *Plan-cadre de cours : Équilibre du système buccodentaire*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2019d). *Plan-cadre de cours : Traitements cliniques adaptés*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Cégep Édouard-Montpetit. (2019e). *Plan-cadre de cours : Conception et confection de prothèses complètes amovibles II*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.

Cégep Édouard-Montpetit. (2019f). *Plan-cadre de cours : Conception et confection de PCA, de PPA et immédiates*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.

Cégep Édouard-Montpetit. (2019g). *Plan-cadre de cours : Stage*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.

Cégep Édouard-Montpetit. (2019h). *Cheminement des essais de maîtrise Performa au cégep Édouard-Montpetit*. Longueuil, Canada : Direction des études, Service de la recherche.

Centre collégial de développement de matériel didactique [CCDMD]. (s.d.). *À propos de nous*. Repéré le 4 août 2020 à <https://www.ccdmd.qc.ca/propos-de-nous>

Centre national de ressources textuelles et lexicales [CNRTL]. (2012). Paradigme. Dans *Portail lexical : lexicographie*. Repéré le 26 novembre 2019 à <https://www.cnrtl.fr/definition/paradigme>

Cervera, D., Bigras, P. et Wong, T. (1997). Laboratoire virtuel d'expérimentation et d'apprentissage de systèmes hydrauliques et pneumatiques : approche de modélisation en simulation assistée par ordinateur. *Actes du 9^e colloque de l'Association pour la recherche au collégial (ARC)* (p. 176-182). Montréal, Canada : Collège Dawson.

Chamberland, G., Lavoie, L. et Marquis, D. (2011). *20 formules pédagogiques*. Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.

- Chesel, D. et Thioulouse, J. (1990). Auto-modélisation en analyse des données. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 71-86). Paris, France : Éditions du CNRS.
- Choplin, H., Degrugillier, D., Galisson, A. et Morin, S. (2000). Comment réaliser un simulateur pédagogique : un exemple conçu et développé par le groupe des écoles de télécommunications. *Actes du colloque international TICE 2000* (n. p.). Troyes, France : Université Technologique de Troyes.
- Christen, U. et Kerschensteiner, E. (2013). *Guide de prothèse complète*. Bad Säckingen, Allemagne : VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG.
- Code des professions, RLRQ, c. C-26*. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/C-26>
- Codeur.com (s.d.). *Cahier des charges : création application mobile*. Repéré le 8 janvier 2020 à <https://cahiersdescharges.com/telechargement/cahier-des-charges-application-mobile/>
- Collège Édouard-Montpetit. (2008). *Portrait du diplômé*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Collège Édouard-Montpetit. (2012a). *Plan-cadre de cours : Procédés de montage de prothèses complètes*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.
- Collège Édouard-Montpetit. (2012b). *Plan-cadre de cours : Conception et confection de prothèses complètes amovibles I*. Longueuil, Canada : Service des programmes, Techniques de denturologie.

- Compétences Québec. (2018a). Inforoute FPT : Organismes scolaires offrant le programme Techniques de denturologie. Repéré le 29 septembre 2018 à <https://www.inforoutefpt.org/progColOffres.aspx?prog=246&sanction=1®ion=16>
- Compétences Québec. (2018b). Inforoute FPT : Techniques de denturologie. Repéré le 29 septembre 2018 à <https://www.inforoutefpt.org/progColDet.aspx?prog=246&sanction=1®ion=16>
- Cooney, B. (2016). *Conception d'un dispositif numérique d'apprentissage (DNA) en électricité pour des élèves de la deuxième année du deuxième cycle du secondaire* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Denami, M. et Marquet, P. (2018). Un serious game pour la formation professionnelle : le cas des opérateurs en milieu aseptique : de l'école à la vie professionnelle, un puissant outil d'apprentissage et d'acquisition de compétences. *Revue éducation et formation*, (e-309), 75-86.
- Deschamps, P. (2015). *Conception d'un dispositif d'apprentissage en ligne, selon le modèle ADDIE, portant sur la compétence en asepsie du programme collégial Technique de denturologie* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Deschênes, M. F., Fournier, V. et St-Julien, A. (2016). Le développement du jugement en situation authentique : l'apprentissage expérientiel dans un contexte de simulation pour une pratique professionnelle sécuritaire. *Pédagogie collégiale*, 30(1), 14-22.

- Deshaies, P. (dir.). (1996). *Processus de planification d'un cours centré sur le développement de compétence*. (s.l.) : Le Pôle de l'Est.
- Dionne, L. (2018). L'analyse qualitative des données. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (4^e éd., p. 317-342). Montréal, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal. (Ouvrage original publié en 2000)
- Droui, M. (2012). *L'impact d'une simulation sur des dispositifs mobiles et en situation de collaboration sur la compréhension de l'effet photoélectrique au niveau collégial* (Thèse de doctorat inédite). Université de Montréal, Québec, Canada.
- Ducharme, G. (2017). *Conception d'une activité d'enseignement d'attitudes professionnelles dans le programme collégial Commercialisation de la mode selon l'alignement pédagogique et le modèle ADDIE* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Forget, A. (2016). La modélisation. Dans B. Gauthier et I. Bourgeois (dir.), *Recherche sociale : de la problématique à la collecte des données* (6^e éd, p. 129-157). Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec. (Ouvrage original publié en 1984)
- Fortin, M. F. et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives* (3^e éd.). Montréal, Canada : Chenelière Éducation. (Ouvrage original publié en 2006)

- Franc, A. (2013). Mathématisation et modélisation, entre histoire et diversité. Dans F. Varenne et M. Silberstein (dir.), *Modéliser et simuler, Vol. 1 : Épistémologie et pratiques de la modélisation et de la simulation* (p. 53-82). Paris, France : Éditions Matériologiques.
- Gibbard, L. L. et Salajan, F. (2009). A novel interactive online module in a traditional curriculum through a blended learning approach. *Electronic Journal of e-Learning*, 7(3), 301–308.
- Gignac, L. (2012). Simulateur réaliste et interactif au laboratoire de soins infirmiers. *Actes du 31^e colloque annuel de l'Association québécoise de pédagogie collégiale (AQPC)* (p. 71-74). Montréal, Canada : Association québécoise de pédagogie collégiale.
- Gire, A. (1990). Méthodologie ouverte de la modélisation : Quelques réflexions épistémologiques. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 55-70). Paris, France : Éditions du CNRS.
- Gouvernement du Québec. (1979). *Cahiers de l'enseignement collégial 1979-1980*. Québec, Canada : Ministère de l'Éducation.
- Gouvernement du Québec. (1984). *Cahiers de l'enseignement collégial 1984-1985*. Québec, Canada : Ministère de l'Éducation.
- Gouvernement du Québec. (1997). *Programme d'études techniques : Techniques de denturologie 110.B0*. Québec, Canada : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, Direction générale de la formation professionnelle et technique.

- Gouvernement du Québec. (2010). *La formation professionnelle et technique au Québec : un aperçu*. Québec, Canada : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Granger, E. R. (1962). *Practical procedures in oral rehabilitation*. Philadelphie, PA : J. B. Lippincott Compagny.
- Guezzen. (2008). *Physiologie des mouvements mandibulaires*. Manuscrit inédit, Institut National d'enseignement supérieur en Sciences Médicales d'Oran, Département de chirurgie dentaire, Oran, Algérie. Repéré à <https://vdocuments.site/physiologie-des-mouvements-mandibulaire.html>
- Harvey, S. et Loiselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches qualitatives*, 28(2), 95–117.
- Hebenstreit, J. (1992). Une rencontre du troisième type : simulation et pédagogie. Dans G. L. Baron et J. Baudé (dir.), *L'intégration de l'informatique dans l'enseignement et la formation des enseignants. Actes du colloque des 28-29-30 janvier 1992 au CREPS de Châtenay-Malabry* (p. 80-87). Châtenay-Malabry, France : INRP-EPI. Repéré à <http://www.epi.asso.fr/revue/dossiers/d12p080.htm>
- Hobeila, S. (2018). L'éthique de la recherche. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (4^e éd., p. 51-84). Montréal, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal. (Ouvrage original publié en 2000)

- Jacot, J. H. (1990). La modélisation, confluent des sciences. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 11-14). Paris, France : Éditions du CNRS.
- Jambon, A.-C., Dubecq-Princeteau, F., Dubois, P., Karpf, S., Chaillou, C., Meseure, P. et Querleu, D. (1998). SPIC : simulateur pédagogique d'interventions cœlioscopiques à visée gynécologique. *Journal de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction*, 27(5), 536-543.
- Jasinevicius, T. R., Landers, M., Nelson, S. et Urbankova, A. (2004). An evaluation of two dental simulation system : Virtual reality versus contemporary non-computer-assisted. *Journal of Dental Education* 68(11), 1151-1162.
- Jonhson, L. A et Schleyer, T. K. (2003). Developing high-quality educational software. *Journal of Dental Education* 67(11), 1209-1220.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental models : Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Jones, B. F., Palincsar, A. S., Ogle, D. S. et Carr, E. G. (1987). *Strategic teaching and learning: Cognitive instruction in the content areas*. Alexandria, VA : Association for Supervision and Curriculum Development.
- Joseph, D. (2017). *Impact de la simulation haptique dans l'enseignement en odontologie* (Thèse de doctorat inédite). Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France.

- Jouffroy, R., Khélifi, G., Fontaine, M., Parlavecchio, J., Carli, P. et Vivien, B. (2016). Apport de la simulation pour la prise en charge des urgences vitales. *Actes du congrès de la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR) sur les urgences vitales* (p. 1-11). Paris, France : SFAR.
- Karsenti, T. et Demers, S. (2018). L'étude de cas. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (4e éd., p. 289-316). Montréal, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal. (Ouvrage original publié en 2000)
- Kaufman, D. (2010). Les simulations dans la formation des professionnels de la santé. Dans L. Sauvé et D. Kaufman (dir.), *Jeux et simulations éducatifs : études de cas et leçons apprises* (p. 73-94). Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Kim, L. et Park, S. (2006). Haptic interaction and volume modeling techniques for realistic dental simulation. *The Visual Computer*, 22, 90-98.
- Konukseven, E. I., Önder, M. E., Mumcuoglu, E. et Kisnisci, R. S. (2010). Development of a visio-haptic integrated dental training simulation system. *Journal of Dental Education*, 74(8), 880-891.
- Lapierre, L. (2008). Un cadre de référence pour le questionnement didactique au collégial. *Pédagogie collégiale*, 21(2), 5-12.

- Larouche, P. (2013, 5 mai). Les simulations numériques PhET : un solide outil pédagogique pour l'apprentissage de la physique. *Récits Profweb*. Repéré à <http://www.profweb.ca/publications/recits/les-simulations-numeriques-phet-un-solide-outil-pedagogique-pour-l-apprentissage-de-la-physique>
- Le Moigne, J. L. (1977). *La théorie du système général : théorie de la modélisation*. Paris, France : Presses universitaires de France.
- Le Moigne, J. L. (1987). *Qu'est-ce qu'un modèle?* (Note de recherche 87-12). Université D'Aix-Marseille III, Groupe de recherche en analyse de système et calcul économique, Aix-en-Provence, France.
- Ledoux, I. (2016). *Exploration de l'ajout de la simulation haute-fidélité à l'examen clinique objectif structuré sur l'auto-efficacité, l'anxiété et la performance en situation d'apprentissage d'étudiantes de niveau collégial en soins infirmiers* (Thèse de doctorat inédite). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Legay, J. M. (1990). De la complexité des objets à la méthode des modèles synthèse des travaux du colloque. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 235-240). Paris, France : Éditions du CNRS.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3^e éd.). Montréal, Canada : Guérin. (Ouvrage original publié en 1988)

- Lejoyeux, J. (1976). *Prothèse complète, Vol. 2 : Diagnostic-Traitement (1^{re} partie)* (3^e éd.). Paris, France : Maloine S.A. éditeur. (Ouvrage original publié en 1967)
- Lejoyeux, J. (1978). *Prothèse complète, Vol. 3 : Traitement (2^e partie)* (3^e éd.). Paris, France : Maloine S.A. éditeur. (Ouvrage original publié en 1967)
- Lejoyeux, J. (1979). *Prothèse complète, Vol. 1 : Examen clinique, traitement préprothétique, matériaux et techniques d'empreintes* (3^e éd.). Paris, France : Maloine S.A. éditeur. (Ouvrage original publié en 1967)
- Lemire, G. (2008). *Modélisation et construction des mondes de connaissances : aspects constructiviste, socioconstructiviste, cognitiviste et systémique*. Québec, Canada : Les Presses de l'Université Laval.
- Loi sur la denturologie, RLRQ*, c. D-4. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/D-4>
- Loiselle, J. (2001). La recherche développement en éducation : sa nature et ses caractéristiques. Dans M. Anadón (dir.), *Nouvelles dynamiques de recherche en éducation* (p. 77-97). Québec, Canada : Les Presses de l'Université Laval.
- Loiselle, J. et Harvey, S. (2007). La recherche développement en éducation : fondements, apports et limites. *Recherches qualitatives*, 27(1), 40-59.
- Lortet, A. (2018). Devis ludique pour les modèles d'ingénierie de dispositifs pédagogiques. *La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 44(3), 1-19.

- Masseux, N. et Michau, F. (1996). Découverte guidée sur simulateur pour l'apprentissage de l'automatique par des élèves-ingénieurs. *Sciences et techniques éducatives*, 3(1), 77-100.
- Morin, E. et Le Moigne, J. L. (1999). *L'intelligence de la complexité*. Paris, France : L'Harmattan.
- Nagle, R. J., Sears, V. H. et Silverman, S. I. (1962). *Denture prosthetics : complete dentures* (2^e éd.). Saint Louis, MO : The C.V. Mosby Compagny. (Ouvrage original publié en 1958)
- Noreau, A. (2018). *Conception d'un MOOC sur la programmation destiné aux étudiantes et étudiants en Techniques de l'informatique* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Office des professions du Québec. (s.d.). *Code des professions*. Repéré le 28 septembre 2018 à <https://www.opq.gouv.qc.ca/lois-et-reglements/code-des-professions/>
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences : Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Sainte-Foy, Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Parrochia, D. (1990). Quelques aspects épistémologiques et historiques des notions de système et de modèle. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 215-234). Paris, France : Éditions du CNRS.
- Perrenoud, P. (1997). Vers des pratiques pédagogiques favorisant le transfert des acquis scolaires hors de l'école. *Pédagogie collégiale*, 10(3), 5-16.

- Pilon, J. B. (2018). *Développement d'un simulateur de procédés industriels pour le programme technologie de l'électronique industrielle* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Pinsonneault, D. (2011). *Le développement d'applications didactiques pour faciliter l'apprentissage du tolérancement fonctionnel au collégial* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Pompignoli, M., Raux, D. et Doukhan, J. Y. (2017). *Prothèse complète : Clinique et laboratoire* (5^e éd.). Rueil-Malmaison : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1993-1994)
- Poštić, S. (2012). Influence of balanced occlusion in complete dentures on the decrease in the reduction of an edentulous ridge. *Vojnosanitetski pregled*, 69, 1055-1060. doi: 10.2298/VSP110716017P
- Power, M. et Langlois, L. (2010). La conception d'un simulateur pour l'enseignement de la prise de décisions éthiques. Dans L. Sauvé et D. Kaufman (dir.), *Jeux et simulations éducatifs : études de cas et leçons apprises* (p. 200-214). Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Provencher, D. M. (2016). *Histoire de la denturologie : la naissance d'une nouvelle profession*. Longueuil, Canada : Ordre des denturologistes du Québec.

- Riopel, M. (2005). *Conception et mises à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur*. (Thèse de doctorat inédite). Université de Montréal, Montréal, Canada.
- Robert, F. (2016). *Conception d'un dispositif de formation en ligne, selon une approche par compétences au collégial, dans le cadre du cours crédité Éclairages et rendus 2 du programme Techniques d'animation 3D et synthèse d'images* (Essai de maîtrise inédit). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Samurçay, R. et Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le travail humain*, 61(4), 333-359.
- Sauvé, L., Renaud, L. et Kaufman, D. (2010). Les jeux, les simulations et les jeux de simulation pour l'apprentissage : Définitions et distinctions. Dans L. Sauvé et D. Kaufman (dir.), *Jeux et simulations éducatifs : études de cas et leçons apprises* (p. 13-42). Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Savoie-Zajc, L. (2018). La recherche qualitative / interprétative. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (4^e éd., p. 191-218). Montréal, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal. (Ouvrage original publié en 2000)
- Savoie-Zajc, L. et Karsenti, T. (2018). La méthodologie. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (4^e éd., p. 139-152). Montréal, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal. (Ouvrage original publié en 2000)

- Sensevy, G. et Santini, J. (2006). Modélisation : une approche épistémologique. *Aster : recherches en didactique des sciences expérimentales*, 43, 163-188.
- Simoneau, I. L., Ledoux, I. et Paquette, C. (2012). *Efficacité pédagogique de la simulation clinique haute-fidélité dans le cadre de la formation collégiale en soins infirmiers*. Rapport de recherche PAREA (PA2010-004), Cégep de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique : L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal, Canada : Les Éditions LOGIQUES.
- Université de Sherbrooke. (2016). *Guide de présentation du bloc recherche innovation et analyse critique de la maîtrise en enseignement au collégial*. Sherbrooke, Canada : Faculté d'éducation, Performa
- Van der Maren, J. M. (2003). *La recherche appliquée en pédagogie : des modèles pour l'enseignement* (2^e éd.). Bruxelles, Belgique : Édition De Boeck Université. (Ouvrage original publié en 1999)
- Varenne, F. (2013). Modèles et simulations dans l'enquête scientifique : variétés traditionnelles et mutations contemporaines. Dans F. Varenne et M. Silberstein (dir.), *Modéliser et simuler, Vol. 1 : Épistémologie et pratiques de la modélisation et de la simulation* (p. 11-50). Paris, France : Éditions Matériologiques.
- Varenne, F. et Silberstein, M. (dir.). (2013). *Modéliser et simuler, Vol. 1 : Épistémologie et pratiques de la modélisation et de la simulation*. Paris, France : Éditions Matériologiques.

Vergnaud, G. (1999, mars/avril). À quoi sert la didactique. Dans *Sciences humaines : la dynamique des savoirs*. Repéré à https://www.scienceshumaines.com/a-quoi-sert-la-didactique_fr_11865.html

von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory*. New York, NY: George Braziller.

ANNEXE A. LE PORTRAIT DU DIPLÔMÉ EN TECHNIQUES DE DENTUROLOGIE

PORTRAIT DU DIPLÔMÉ

Compétence 1 *Accueillir et évaluer les besoins de la patiente ou du patient*

- 00DW Analyser les conditions générales et buccodentaires
- 00DX Analyser les caractéristiques spatiales des structures buccodentaires à reproduire
- 00DY Appliquer des mesures de prévention et de contrôle antimicrobien
- 00EO Utiliser une approche clinique adaptée aux caractéristiques des patientes et des patients

Compétence 2 *Élaborer et conclure un plan de traitement*

- 00DZ Élaborer une stratégie d'intervention denturologique dans les cas d'affections buccodentaires
- 00EA Établir un plan de traitement denturologique
- 00EJ Appliquer les lois et règlements liés à la pratique professionnelle

Compétence 3 *Planifier l'intervention denturologique et concevoir l'appareillage prothétique*

- 00E1 Adapter des procédés de fabrication des prothèses amovibles
- 00E9 Concevoir et corriger des pièces squelettiques
- 00EB Appliquer des principes d'esthétique à la conception et à la fabrication de prothèses amovibles
- 00EC Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates
- 00ED Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles partielles et immédiates
- 00EH Concevoir et fabriquer des prothèses adaptables aux implants ostéointégrés

Compétence 4 *Réaliser les étapes préparatoires au plan de traitement*

- 00EE Résoudre des problèmes de conception de prothèses dans le cas de dysfonction de l'articulation temporo-mandibulaire
- 00EF Effectuer des traitements préprothétiques

Compétence 5 *Réaliser le plan de traitement*

- 00E3 Procéder à la prise d'empreinte et à la fabrication de porte-empreinte
- 00E4 Fabriquer des protecteurs buccaux
- 00E6 Procéder à la fabrication de maquettes d'occlusion et aux modèles articulés
- 00E7 Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche
- 00E8 Procéder à la finition et à la mise en bouche des prothèses amovibles
- 00E9 Concevoir et corriger des pièces squelettiques
- 00EB Appliquer des principes d'esthétique à la conception et à la fabrication de prothèses amovibles
- 00EC Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates
- 00ED Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles partielles et immédiates
- 00EH Concevoir et fabriquer des prothèses adaptables aux implants ostéointégrés

Compétence 6 *Valider et contrôler le plan de traitement*

- 00E2 Maintenir l'équilibre du système buccodentaire
- 00E5 Modifier des prothèses amovibles
- 00E9 Concevoir et corriger des pièces squelettiques

Compétence 7 *Agir dans son environnement professionnel*

- 00DV Analyser la fonction de travail
- 00EG Appliquer des techniques de gestion d'entreprise

ANNEXE B. LE TABLEAU DES RELATIONS OBJECTIFS-COURS

FORMATION SPÉCIFIQUE TECHNIQUES DE DENTUROLOGIE 110.80	Nombres /compétences	Heures /compétences	Session 1							Session 2							Session 3							Session 4				Session 5				Session 6				Total obtenu	Différence
			110-90E-E.M. Revue des conditions générales de santé	110-CHAC3 Analyse de la fonction de travail et des lésions ligamentaires	110-CHS-04 Analyse des conditions buccodentaires I	110-90F-E.M. Procédure d'éducation de prothèse amovibles I	110-CDS-04 Caractéristiques spatiales des structures buccodentaires	110-90G-E.M. Contrôle et prévention adhésive osseuse	110-10B-E.M. Approche clinique adaptée à la denturologie	110-10E-04 Procédure de montage de prothèses complètes	110-CHG-08 Affection buccodentaire I	110-12J-E.M. Analyse des conditions buccodentaires II	110-90H-E.M. Concomitance d'usage adaptée	110-A3B-E.M. Conception et modification de structures molaires I	110-10K-E.M. Prise d'empreinte et fabrication de P.E.L.	110-10L-E.M. Réalisation du système buccodentaire	110-CHC-03 Affection buccodentaire II	110-CHD-08 Conception et correction de PCA I	110-CHG-08 Conception et correction de PPA I	110-10M-E.M. Indication d'appareurs buccaux et modification de prothèse	110-10P-E.M. Paramètres cliniques adaptés	110-A3C-E.M. Correction de PCA II	110-10L-E.M. Correction de PPA II	110-CHMA-04 Affection buccodentaire III	110-90I-E.M. Plan de traitement et traitement pré-prothétiques	110-12K-E.M. Conception et correction de PCA, de PPA et prothèses	110-10N-E.M. Car d'équilibration et application	110-10O-E.M. Modification de structures molaires II	110-10M-E.M. Conception et fabrication de prothèses sur préparats	110-10Q-E.M. Règles (sourcil porteur)	110-12L-E.M. Membrane (carré partiel)	110-10P-E.M. Section d'un cabinet de denturologie					
Analyser la fonction de travail	00DV	30		30																										30	0						
Analyser les conditions générales et buccodentaires	00DW	205	90		60				10			45																		205	0						
Analyser les caractéristiques spatiales des structures buccodentaires à reproduire	00DX	60				60																								60	0						
Appliquer des mesures de prévention et de contrôle antimicrobien	00DY	75						60	15																					75	0						
Elaborer une stratégie d'intervention denturologique dans les cas d'affections buccodentaires	00DZ	150										45		45								60								150	0						
Utiliser une approche clinique adaptée aux caractéristiques des patientes et des patients	00EO	75							15				60																	75	0						
Adapter des procédés de fabrication des prothèses amovibles	00EL	90										15								15	15				15	0			30	0	90	0					
Maintenir l'équilibre du système buccodentaire	00EZ	60											60																	60	0						
Procéder à la prise d'empreinte et à la fabrication de porte-empreinte	00E3	90				30						45												15						90	0						
Fabriquer des protecteurs buccaux	00E4	15															15													15	0						
Modifier des prothèses amovibles	00E5	53															53													53	0						
Procéder à la fabrication de maquettes d'occlusion et aux modèles articulés	00E6	90				30									15	15		30												90	0						
Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche	00E7	217								75					30	30	7	45	15	15										217	0						
Procéder à la finition et à la mise en bouche des prothèses amovibles	00E8	135													30	30		15	30	15				15						135	0						
Concevoir et corriger des pilces squelettiques	00E9	120									45									15					45			15		120	0						
Etablir un plan de traitement denturologique	00EA	63							3								30				15					15				63	0						
Appliquer des principes d'esthétique à la conception et à la fabrication de prothèses amovibles	00EB	60																						60						60	0						
Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates	00EC	181							1									15			15	45						90	15	181	0						
Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles partielles et immédiates	00ED	136							1											15				30				75	15	136	0						
Résoudre des problèmes de prothèses dans les cas de dysfonction de l'articulation temporo-mandibulaire	00EE	30																			30									30	0						
Effectuer des traitements préprothétiques	00EF	30																			15	15								30	0						
Appliquer des techniques de gestion d'entreprise	00EG	45																												45	45	0					
Concevoir et fabriquer des prothèses adaptables aux implants ostéointégrés	00EH	45																									45			45	0						
Appliquer les lois et règlements liés à la pratique professionnelle	00EJ	30		15																									15	30	0						
TOTAL : 2085		2085	90	45	60	60	60	60	45	75	45	60	60	45	75	75	75	120	75	75	60		90	120	60	45		60	210	45	45	2085	0				
			315							330							360							405				315				360				2085	

Source : Cégep Édouard-Montpetit, 2018a

ANNEXE C. LE CAHIER DES CHARGES DU SIMULATEUR

CAHIER DES CHARGES

Simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes par les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie

Dernière mise à jour : 5 JANVIER 2021

Créé par : Cynthia Ouellet





Le genre masculin utilisé dans ce document désigne aussi bien les femmes que les hommes et n'a pour but que d'en faciliter sa lecture. Nous tenons à vous en aviser.

Toute figure de ce document, où la source n'est pas identifiée, est la propriété de l'autrice et est mise à disposition selon la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International](#).





Table des matières

1. Analyse	11
1.1 Contexte de développement du simulateur	13
1.2 Clientèle cible et besoins pédagogiques	15
1.3 Contraintes techniques.....	17
1.4 Ressources disponibles	18
1.5 Ressources nécessaires	19
2. Design	21
2.1 Stratégie pédagogique globale.....	23
2.1.1 Prérequis.....	23
2.1.2 Activités de révision et bases théoriques (activation, élaboration et organisation)	24
2.1.3 Activités utilisant le simulateur (application et procéduralisation).....	28
2.1.3 Activité suivant l'utilisation du simulateur pédagogique (intégration)	31
2.2 Simulateur pédagogique	33
2.2.1 Type de simulation retenue	33
2.2.2 Modèle et situation de référence	34
2.2.3 Fonctions.....	39
2.2.4 Exercices.....	43
2.2.5 Configuration des écrans.....	48
Références bibliographiques	53
Annexe A. Tableau présentant un exemple de l'activité 3 complétée	57
Annexe B. Principales notions pour l'exposé magistral de l'activité 4.....	61
Annexe C. Rapport d'activité nécessaire à la réalisation de l'activité 6.....	65



Liste des tableaux

Tableau 1.	Tableau vide pour activité 2	25
Tableau 2.	Catégories de simulations selon Kaufman (2010)	34



Listes des figures

Figure 1.	Processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible	13
Figure 2.	Articulateur Hanau utilisé dans le cadre du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit.....	17
Figure 3.	Modèle du silastic 120.1.H.....	35
Figure 4.	Modèle du silastic 520.2.B.....	35
Figure 5.	Rapport interarcade en vue frontale	35
Figure 6.	Rapport interarcade en vue latérale.....	36
Figure 7.	Réglage à 30° de l'angle condylien gauche du patient sur l'articulateur Hanau	36
Figure 8.	Réglage de l'angle de Bennett gauche du patient à 15,8 ° sur l'articulateur Hanau	36
Figure 9.	Représentation d'un plan prothétique à 10°	37
Figure 10.	Dents prothétiques postérieures Trubyte 20° (Dentsply, 2015, p. 21).....	37
Figure 11.	Moule postérieur 29M, dents 20° (Dentsply, 2003, p. 11).....	37
Figure 12.	Courbe de compensation en vue latérale pour le cas de référence selon le guide de montage (Dentsply, 2015, p. 21).....	38
Figure 13.	Contacts à la plaque de chacune des dents postérieures 20° en vue frontale, selon le guide de montage (Dentsply, 2015, p. 22)	38
Figure 14.	Moule antérieur supérieur Classic plastic 3D (Dentsply, 2017, p. 3).....	38
Figure 15.	Moule antérieur inférieur Classic plastic 3D (Dentsply, 2017, p. 5)	38
Figure 16.	Moule postérieur 630, dents 0° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 10).....	40
Figure 17.	Moule postérieur 330, dents 10° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 11).....	40
Figure 18.	Moule postérieur 30M, dents 33° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 13)	40
Figure 19.	Moule postérieur 730, dents 40° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 13).....	40



1. Analyse



1.1 Contexte de développement du simulateur

Les denturologistes sont des professionnels de la santé buccale qui conçoivent et fabriquent des prothèses dentaires amovibles complètes, partielles et sur implants. La fabrication de prothèses dentaires implique plusieurs étapes opérées dans un ordre précis et qui demande l'utilisation d'instruments spécialisés pour arriver à une qualité de produit répondant aux normes en vigueur sur le marché du travail. Le processus type de fabrication, qui illustre l'ordre généralement suivi pour réaliser ces étapes de fabrication, est présenté à la figure 1.

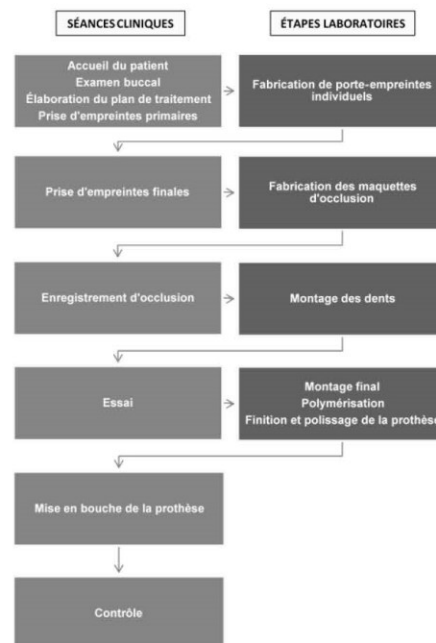


Figure 1. Processus type de fabrication d'une prothèse dentaire amovible

Parmi les étapes illustrées à la figure 1, celle du montage, qui consiste à positionner des dents prothétiques remplaçant la dentition naturelle, constitue le cœur de la fabrication d'une prothèse dentaire. Cette étape est régie par de nombreuses règles qui servent à rétablir les paramètres esthétiques et fonctionnels de la dentition. Une des difficultés principales liées à l'apprentissage, par les étudiants, des notions avancées de montage équilibré est la faible maîtrise des notions de montage de base et du matériau de fabrication qu'est la cire. Pour arriver à équilibrer un montage en prothèses complètes, il faut que le montage à la plaque (montage de base) soit bien contrôlé. En effet, une rotation d'axe sur une seule dent postérieure peut entraîner une répercussion majeure sur les mouvements excentrés qui se déroulent lorsque le patient mastique. Or, pour quelqu'un qui est en apprentissage, il est difficile de distinguer ces légères imperfections qui ont un grand impact. De plus, la cire étant un

matériau malléable, s'il est chauffé, et qui se contracte lors de son refroidissement peut, si on ne maîtrise pas son utilisation, occasionner des déplacements de dents lors de la séquence de montage.

Aussi, la réalisation d'un montage implique plusieurs heures de travail pour l'étudiant. Par exemple, la période de temps attribuée à un cours de fabrication peut aller jusqu'à cinq heures consécutives. Les étudiants peuvent facilement consacrer tout le cours à un même montage et avoir tout de même du travail personnel à effectuer à l'extérieur du cours. Alors, lorsque l'enseignant, pour leur faire apprendre des principes mécaniques, leur demande de défaire leur montage auquel ils ont consacré plusieurs heures, le sentiment de découragement peut rapidement se faire sentir. En effet, une forte charge émotionnelle est attachée à la réalisation de leur montage : ils ont perfectionné des détails au dixième de millimètres près pour arriver au résultat escompté et il leur est demandé de tout défaire en moins d'une minute et de recommencer.

D'autre part, les variables impliquées dans un montage équilibré sont des notions difficiles à comprendre, car elles agissent simultanément et dans les trois dimensions lors des déplacements mandibulaires. Il est donc complexe de les isoler pour bien se représenter leur action. Aussi, les outils offerts aux étudiants pour comprendre ces concepts sont des dessins explicatifs bidimensionnels, accompagnés de notes explicatives, ce qui est peu adapté à la nature tridimensionnelle de ceux-ci. Ainsi, pour certains qui ont une capacité limitée de visualisation structurale, c'est-à-dire un « sens inné des formes à trois dimensions [et une] aptitude instinctive à construire par une vue de l'esprit en partant d'un dessin, le relief précis d'un objet quelconque » (Legendre, 2005, p. 1447), la transposition du 2D ou 3D est laborieuse, voire impossible à faire.

Par ailleurs, le fait d'apprendre sur leurs propres montages, bien que cela leur permette d'être actifs face à leur apprentissage, peut parfois ne pas être suffisant pour leur compréhension. En effet, comme mentionné plus haut, la mauvaise position d'une seule dent peut avoir des répercussions importantes sur l'équilibre d'un montage. Certains, par exemple, ne sont pas en mesure d'établir s'ils doivent revoir leur montage à la plaque ou agir sur les variables mécaniques. Souvent, ils tardent à consulter l'enseignant pour résoudre ce type de problème et stagnent ou ont l'impression de travailler pour rien, ce qui entraîne du stress et un sentiment négatif par rapport au montage équilibré.

La principale difficulté rencontrée dans l'enseignement du montage équilibré réside dans la faible disponibilité des ressources didactiques en denturologie. La situation particulière dans laquelle s'inscrit le programme d'études en Techniques de denturologie, à savoir qu'au Québec il est dispensé par un seul établissement d'enseignement et la situation géographique du Québec, seule région en Amérique du Nord où l'enseignement professionnel se fait principalement en français, contribuent au manque de documentation et d'outils didactiques spécialisés offerts en denturologie.

Le simulateur faisant l'objet de ce cahier des charges se veut un moyen de favoriser la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes par les étudiantes et les étudiants inscrits en Techniques de denturologie.

1.2 Clientèle cible et besoins pédagogiques

Cours ciblé	110-435-EM : <i>Confection de prothèses complètes amovibles II</i> Pondération (théorie-pratique-travail personnel) : 1-4-2
Programme	Techniques de denturologie (110.B0)
Clientèle visée	Étudiants de 4 ^e session, ayant acquis les notions de montage de base et étant inscrits au cours <i>Conception et confection de prothèses complètes amovibles II</i>
Compétences développées dans le cours	00E1 : Adapter des procédés de fabrication des prothèses amovibles 00E7 : Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche 00E8 : Procéder à la finition et à la mise en bouche des prothèses amovibles 00EC : Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates
Compétences et éléments de compétence visés par le simulateur	00E7 : Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche 4. Appliquer la séquence des opérations de montage des dents 00EC : Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates 3. Modéliser l'appareillage prothétique à confectionner en concordance avec les objectifs du plan de traitement
Capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur	<ul style="list-style-type: none"> ● Construire l'occlusion selon les critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> – Conditions critiques (objectifs du plan de traitement, indices denturologiques, conditions matérielles du boudin, plan occlusal) ; – Intercuspitation fonctionnelle et maximale ; – Courbes de compensation ; – Degré de cuspidation des dents ; – Angles condyliens. ● Positionner le bloc incisif inférieur et construire la fonction de groupe. ● Équilibrer le montage (contacts en balançant, en travaillant et en protrusion). ● Appliquer des techniques de résolution de problèmes liés à la conception d'appareillage prothétique complet. ● Visualiser le cas patient. ● Élaborer un modèle adapté de prothèse complète pour différents cas patient.

Objectifs du simulateur	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre l'étudiant en relation avec un modèle dynamique et idéal du système montage sur articulateur de précision. ● Permettre à l'étudiant de visualiser l'action des différentes variables (plan occlusal, degré de cuspidation des dents, angles condyliens, courbes de compensation, trajectoire incisive) impliquées dans l'équilibre d'un montage. ● Maintenir l'étudiant actif face à son apprentissage en minimisant les risques (découragement, charge émotionnelle) liés à l'apprentissage sur son propre montage. ● Développer la capacité de résolution de problème de l'étudiant face aux problèmes d'équilibre du montage. ● Réduire le temps d'apprentissage de ces concepts. ● Mettre l'étudiant en contact avec un plus grand nombre de cas.
Cible de formation	Favoriser une modélisation des cinq variables au sein du processus cognitif de l'étudiant et permettre un apprentissage plus en profondeur de celles-ci, qui pourra ensuite être réinvesti dans l'apprentissage pratique du montage équilibré.
Modalités d'enseignement	Simulation assistée par ordinateur de type micromonde ¹ intégrée à une séquence d'enseignement en classe et hors classe.

¹ Une simulation de type micromonde est entièrement informatisée et simule l'ensemble des éléments de la situation de référence (Samurçay et Rogalski, 1998). Elle est plus sujette à s'éloigner de l'environnement professionnel, car il y existe, contrairement à d'autre forme de simulation, une médiatisation de tous les éléments de la situation professionnelle (ex : activation de commandes à l'écran plutôt qu'un bouton réel, interlocutrices ou interlocuteurs animés) (Samurçay et Rogalski, 1998).

1.3 Contraintes techniques

- 1 Puisque les activités d'enseignement et d'apprentissage se feront en classe et hors classe, le simulateur pédagogique développé devra être compatible avec les principaux systèmes d'exploitation, soit : Apple, Windows et Android. Ainsi, cela permettra à tous les étudiants d'avoir accès au simulateur par le biais de leur appareil personnel.
- 2 Le logiciel devra être hébergé sur un serveur permettant aux étudiants de s'y connecter à distance, soit de type « Open source », soit partie intégrante des systèmes informatiques du Cégep Édouard-Montpetit (CEM) et géré par la Direction des systèmes et technologies de l'information (Disti) de celui-ci.
- 3 Comme le simulateur pédagogique vise les étudiants du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit, l'affichage au sein de celui-ci devra se faire en français².
- 4 Le simulateur devra comporter plusieurs niveaux d'utilisateurs, soit : l'utilisateur-étudiant, l'utilisateur-enseignant et l'utilisateur-administrateur, qui lui supervisera les modalités d'installation et de gestion au sein des systèmes informatiques.
- 5 Pour favoriser l'accompagnement, il faudra que le simulateur pédagogique permette à l'enseignant d'identifier chaque utilisateur-étudiant et d'obtenir un aperçu du cheminement de celui-ci.
- 6 Le simulateur doit représenter l'articulateur (Figure 2) utilisé par les étudiants du programme Techniques de denturologie de manière réaliste et fidèle afin de ne pas entraver la compréhension de ceux-ci par une représentation trop abstraite.



Figure 2. Articulateur Hanau utilisé dans le cadre du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit

² La possibilité de permettre l'affichage en anglais n'est pas exclue, mais aurait pour but l'exportation du simulateur à d'autres maisons d'enseignement.

1.4 Ressources disponibles

- 1 Après une recension d'écrits exhaustive, nous avons été à même de constater qu'il n'existe actuellement aucun simulateur pédagogique de montage équilibré en prothèses dentaires complètes amovibles.
- 2 En revanche, il existe dans le domaine dentaire des logiciels de conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) principalement utilisés par les techniciens dentaires. Ce sont des logiciels très coûteux, mais nous avons été en mesure d'explorer le plus couramment utilisé, nommé 3shape, par le biais des licences délivrées au département de Techniques de prothèses dentaires du CEM. Ce département se sert de ce logiciel principalement pour la confection de ponts, de couronnes et de pièces squelettique et non pour la prothèse complète amovible, bien que ce soit possible de le faire. Nous avons ainsi tenté de voir de quelle manière ce logiciel pourrait être utilisé dans le cadre du développement de notre simulateur pédagogique.

Nous avons malheureusement été à même de constater que les représentations 3D des éléments tels que les articulateurs sont profondément intégrés dans le logiciel, que ces dernières sont complexes, peu représentatives du contexte d'apprentissage des étudiants de Techniques de denturologie et servent peu les besoins pédagogiques liés à la problématique qui nous occupe.

En contrepartie, le logiciel pourrait sans doute être utile aux programmeurs qui contribueront au développement de notre simulateur pédagogique, car il pourrait leur indiquer une façon de programmer et de représenter numériquement des articulateurs.

- 3 En ce qui a trait à l'utilisation du simulateur en classe, bien que les laboratoires de fabrication ne possèdent pas de poste informatique attitré, il est cependant possible de faire la réservation de « iPad » ou de « Chromebook » auprès de la Direction des systèmes et technologies de l'information et de fournir un appareil à chaque étudiant pour l'apprentissage en classe.

1.5 Ressources nécessaires

Les ressources nécessaires pour mener à bien le développement³ du simulateur pédagogique sont principalement de natures humaine et financière. Dans la mesure où l'enseignante conceptrice n'a aucune connaissance en développement d'application et de logiciel et en programmation, elle devra faire appel à :

- un programmeur
- un designer graphique
- un modélisateur 3D

Dans cet ordre d'idée, il sera nécessaire d'embaucher ces différentes personnes qui contribueront au projet et donc de leur verser un salaire; il sera alors primordial d'obtenir les budgets nécessaires à la mise sur pied des phases de développement et d'implantation du simulateur.

Pour obtenir l'aide financière et technique requise, la conceptrice a participé à l'appel de projet annuel du Centre collégial de développement de matériel didactique (CCDMD) : organisme qui aide à produire des ressources informatisées et des documents imprimés conçus à l'intention du personnel enseignant et des étudiants de l'ensemble du réseau collégial québécois.

³ Le développement est la phase subséquente aux phases d'analyse et de design (conception), qui ont été réalisées par le biais du cahier des charges, et consiste en la réalisation physique du simulateur pédagogique.





2. Design



2.1 Stratégie pédagogique globale

2.1.1 Prérequis

Dans le cadre des compétences visées par la mise en place du simulateur, l'étudiant inscrit au cours 110-435-EM doit avoir complété avec succès le cours 110-CHJ-05 *Conception et confection de PCA I* et avoir suivi le cours 110-404-EM *Équilibre du système buccodentaire* qui lui est corequis.

Durant ces cours, l'étudiant a acquis ou consolidé les notions de :

- Montage à la plaque;
- Positionnement des dents sur les arcades;
- Montage équilibré avec des données standardisées (cas de semi-précision) selon le guide montage Dentsply.

De plus, il a vu en théorie, les notions de variables mécaniques (quint de Hanau) reliées au montage équilibré (angulations condyliennes (+ angle de Bennett), trajectoire incisive, angle cuspidien, plan prothétique, courbes de compensation) et a eu l'occasion de les mettre en pratique par le biais de cas typiques, inclus dans guide de montage Dentsply. Aussi, il a appris à faire le lien entre les données reproduites sur un articulateur et leur provenance dans le traitement prothétique.

Par ailleurs, il a abordé les notions de contacts occlusaux en centrique, en protrusion et en latéralité (travaillant et balançant) et a vu les bases du meulage sélectif. Il est en mesure de faire la différence entre une fonction canine et une fonction de groupe.

L'étudiant connaît de façon théorique les répercussions sur le système buccodentaire d'un déséquilibre de montage, mais n'a pas expérimenté ce concept auprès d'un patient.

2.1.2 Activités de révision et bases théoriques (activation, élaboration et organisation)

Activité 1 : Partir du connu (activation⁴)

Déroulement

1. En classe, au début de la séquence d'enseignement, demander aux étudiants, qu'est-ce qui, selon eux, influence l'équilibre d'un montage (Écrire la question au tableau).
2. Leur donner 5 à 6 minutes pour répondre, par écrit, individuellement à la question.
3. Retour en grand groupe pour partager l'information, l'enseignant ou l'enseignante anime la discussion

But(s)

Le but de cette activité est d'établir une définition commune de la notion d'équilibre du montage, soit : contacts occlusaux bilatéraux et équivalents en centrique, en latéralité (travaillant/ balançant) et en protrusion et également de faire ressortir les cinq variables du quint de Hanau.

Il est possible que les étudiants parlent d'autres facteurs contribuant à l'équilibre du système buccodentaire, tel que la musculature du patient, la qualité des crêtes, la dimension verticale, la relation centrée, le montage hors crête, etc. ; ce qui est très bien, voir même voulu en phase d'activation.

Rôle(s) de l'enseignant

- L'animation de l'enseignant devra leur permettre de faire la distinction entre équilibre du montage et équilibre du système buccodentaire. Ce dernier pourra également aborder de nouveau la notion de fonction de groupe et de fonction canine et pousser plus loin la réflexion des étudiants.

Rôle(s) de l'étudiant

- Analyser la question et donner des réponses spontanées sans autocensure.
- Communiquer et discuter en groupe-classe des éléments de réponse retenus.

⁴ « Activation : éveil des acquis cognitifs et affectifs de l'élève en fonction de la compétence ou des connaissances à développer » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 119).

Activité 2 : Tableau de synthèse des éléments connus (élaboration⁵ et début d'organisation⁶)

Déroulement

1. En classe, demander aux étudiants de se placer en équipe de deux ou trois (l'enseignant peut former les équipes, s'il le souhaite).
2. Remettre à chaque équipe un grand tableau vide (voir tableau 1) et une enveloppe contenant : a) des photos, b) des termes et c) des définitions et de la gommette.
3. Présenter le tableau (titre de colonnes et de lignes) au groupe.
4. Demander aux équipes de placer les éléments contenus dans l'enveloppe au bon endroit dans le tableau selon eux (20 à 30 minutes).
5. Retour en grand groupe pour compléter un tableau commun pour l'ensemble du groupe (au tableau blanc). Les différentes équipes contribuent au tableau commun et l'enseignant anime (voir tableau en annexe A, complété à la suite de l'activité 3).

Tableau 1. Tableau vide pour activité 2

Quint de Hanau

Nom de la variable	Définition	Synonyme	Image selon l'anatomie	Image sur articulateur
Angulation condylienne (Angle de Bennett)				
Trajectoire incisive				
Angle cuspidien				
Plan prothétique				
Courbe de compensation				

⁵ « **Élaboration** : l'élève établit des liens, justes ou erronés, entre ce qu'il connaît et ce qu'il apprend ou ce qu'il cherche à comprendre comme phénomène. » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 119).

⁶ « **Organisation** : l'apprentissage doit conduire à une structuration claire et juste des connaissances chez chacun des élèves » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 120).

But(s)

Permettre aux étudiants de réviser les connaissances déjà acquises dans d'autres cours et de les organiser dans un tout cohérent.

Identifier les difficultés d'apprentissage des étudiants par rapport à ces notions.

Permettre à l'étudiant d'associer la représentation dans l'anatomie à la représentation sur l'articulateur, grâce aux images.

Établir les variables de base qui seront incluses dans le simulateur pédagogique.

Rôle(s) de l'enseignant

- Préparer le tableau commun pour la fin de l'activité.
- Circuler pour répondre aux questions des équipes.
- Animer la mise en commun et la discussion.

Rôle(s) de l'étudiant

- Échanger avec ses collègues pour organiser l'information.
- Participer à la discussion.

Activité 3 : D'où viennent-elles ? (organisation)**Déroulement**

1. Remettre, à chaque étudiant, un tableau regroupant les informations mises en commun lors de l'activité 2, mais auquel on a ajouté une colonne vide (voir l'annexe A).
2. Demander aux étudiants de compléter la dernière colonne en travail personnel. Ils rechercheront d'où proviennent les données en lien avec chacune des variables du quint de Hanau et quelle influence cela aura sur le montage. Pour ce faire, l'enseignant peut leur proposer de consulter la documentation des cours préalables, leur livre de référence (Pompignoli et al., 2017) ou tout autre ouvrage présent à la bibliothèque du Cégep.
3. Retour au cours suivant pour une mise en commun en plénière.

But(s)

Permettre à l'étudiant d'organiser l'information en lien avec les variables du quint de Hanau et d'être actif dans son apprentissage.

Préparer la mise en application.

Rôle(s) de l'enseignant

- Donner les explications nécessaires à la réalisation de l'activité par les étudiants.
- Animer la mise en commun, pousser la réflexion des étudiants.

Rôle(s) de l'étudiant

- Faire les recherches nécessaires à la complétion du tableau.
- Rassembler les informations retenues dans un tout cohérent.
- Participer à la mise en commun.

Activité 4 : Exposé sur la dynamique des variables et la formule de Thieleman (organisation)**Déroulement**

1. En classe, l'enseignant fait un exposé magistral interactif, où il explique la dynamique entre les différentes variables du quint de Hanau à l'aide de la formule de Thieleman. Il explique également comment certaines notions de physique mécanique entrent en jeu dans le traitement denturologique, surtout en ce qui a trait au système buccodentaire et au système articulateur-montage. Un diaporama devra accompagner la présentation.

(Voir l'annexe B pour un résumé des notions à discuter. Par ailleurs, nous y avons joint des définitions des concepts plus généraux, de système et de modèle, afin que l'enseignant saisisse les éléments clés de ceux-ci et puisse par la suite mieux comprendre et expliquer le modèle inclus dans le simulateur).

2. Pour que ce soit interactif, l'enseignant pose des questions pour susciter l'intérêt et la participation du groupe-classe. Le choix des questions est à sa discrétion, selon ce qu'il croit qui suscitera davantage la participation de ses étudiants.

But(s)

Permettre aux étudiants de comprendre la dynamique du montage et d'organiser l'information concernant l'interaction des variables du quint de Hanau.

Préparer l'application des connaissances qui se fera à l'aide du simulateur en introduisant la notion de système et de modèle.

Rôle(s) de l'enseignant

- Réaliser l'exposé.
- Poser des questions qui suscitent l'intérêt ou la réflexion.
- Répondre aux questions.

Rôle(s) de l'étudiant

- Écouter.
- Prendre des notes.
- Participer lorsque l'enseignant pose des questions.
- Poser des questions pour éclaircir les éléments qu'il comprend moins.

2.1.3 Activités utilisant le simulateur (application et procéduralisation)

Activité 5 : Approche simulateur et exercices de découverte (application⁷)

Déroulement

1. En classe, l'enseignant explique aux étudiants qu'un simulateur pédagogique a été créé pour les aider à mieux comprendre la dynamique d'un montage équilibré et l'interaction des variables du quint de Hanau.
 2. Il explique le modèle de référence inclus dans le simulateur (voir plus bas section 2.2.2 *Situation de référence et modèles*).
 3. Il remet, à chaque étudiant, un appareil « iPad » ou « Chromebook » sur lequel le simulateur pédagogique a préalablement été installé.
 4. Les étudiants ouvrent le simulateur et se créent un compte de connexion qui les identifie grâce à leur numéro d'étudiant de la même manière que toutes les autres applications du Cégep Édouard-Montpetit.
 5. Les étudiants suivent les consignes à l'écran pour réaliser l'activité d'accueil qui explique les fonctions du simulateur (voir section 2.2.3 *Fonctions*) et leur emplacement sur l'écran.
-

⁷ « Application : utilisation, avec de l'aide et des supports décroissants, des connaissances conceptuelles et procédurales acquises à la phase d'organisation » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 120).

-
6. Ensuite, ils réalisent les exercices 1 et 2 (voir section 2.2.4 *Exercices*). Ceux-ci peuvent se référer à leurs notes de cours, s'ils en ressentent le besoin.
 7. Retour en plénière à la fin de l'activité pour identifier les éléments-clé de l'exercice.

But(s)

Présenter le simulateur aux étudiants et s'assurer qu'ils ont un identifiant de connexion qui permettra à l'enseignant de suivre la progression de chacun lors des activités subséquentes.

Permettre aux étudiants de se familiariser avec le simulateur et ses différentes fonctions ainsi qu'avec le modèle de référence y étant inclus.

Permettre aux étudiants de bien comprendre la dynamique des mouvements de latéralité gauche et droite et de protrusion rattaché au modèle de référence.

Rôle(s) de l'enseignant

- Donner les informations concernant le modèle contenu dans le simulateur.
- Aider au débogage lors de la première connexion des étudiants.
- Répondre aux questions.
- Animer la plénière.

Rôle(s) de l'étudiant

- Créer son compte de connexion.
- Réaliser l'activité d'accueil et le premier exercice du simulateur.
- Demander de l'aide ou poser des questions, au besoin.
- Participer à la discussion en plénière.

Activité 6 : Résolution de problème sur simulateur (procéduralisation⁸)

Il est à noter que le déroulement de cette activité peut être répété à plusieurs reprises et être adapté par l'enseignant selon les besoins d'apprentissage de ses étudiants. C'est-à-dire qu'on peut demander au groupe-classe de réaliser un seul ou plusieurs exercices à la fois, en classe ou hors classe.

Déroulement

1. En classe ou hors classe, l'enseignant demande aux étudiants de faire un ou plusieurs exercices qu'il aura préalablement sélectionnés et de compléter le rapport d'activité pour chacun des exercices (voir Annexe C).
2. Les étudiants réalisent l'activité et complètent le rapport d'activité.
3. Mise en commun dans une discussion de groupe ou retour individualisé selon les besoins.

But(s)

Développer la capacité de résolution de problème de l'étudiant face aux problèmes d'équilibre du montage.

Mettre l'étudiant en contact avec un grand nombre de cas problème.

Améliorer la capacité de modélisation de l'étudiant, ce qui lui permettra de visualiser le cas patient et finalement d'être plus efficace dans la pratique du montage.

Permettre à l'étudiant de faire une réflexion sur son apprentissage.

Rôle(s) de l'enseignant

- Sélectionner l'exercice que les étudiants auront à réaliser.
- Accompagner les étudiants dans leur résolution de problème.
- Faire un retour sur le cheminement des étudiants.

⁸ Procéduralisation : utilisation des acquis structurés dans des situations de plus en plus complexes afin de développer la capacité d'agir rapidement tout en demeurant efficace. Cette phase vise à rendre de plus en plus « automatique » la mise en œuvre des étapes nécessaires à la résolution des problèmes » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 121).

Rôle(s) de l'étudiant

- Réaliser l'exercice sélectionné par son enseignant, en respectant les consignes incluses dans le simulateur.
- Demander de l'aide ou poser des questions, au besoin.
- Compléter son rapport d'activité et faire une réflexion sur son apprentissage.
- Participer à la discussion en plénière.

2.1.3 Activité suivant l'utilisation du simulateur pédagogique (intégration)

Activité 7 : Réinvestir les apprentissages dans les montages réalisés en classe (intégration⁹)

Il est à noter que le déroulement de cette activité peut être répété à plusieurs reprises et être adapté par l'enseignant selon les besoins d'apprentissage de ses étudiants.

Déroulement

1. En classe, l'enseignant demande aux étudiants de procéder au montage du cas de classe 1 attitré au cours, selon une mise en situation, de son choix, qui a été expérimentée dans le cadre des apprentissages sur simulateur.
2. Les étudiants réalisent le montage dans le cadre de la portion pratique du cours et en travail personnel.
3. L'enseignant circule et fait de l'enseignement individualisé.
4. Les étudiants procèdent à l'auto-évaluation de leur montage.

But(s)

Permettre aux étudiants de transférer les apprentissages réalisés lors de l'utilisation du simulateur à une situation authentique de travail.

Élaborer un modèle adapté de prothèse complète pour différents cas patient.

⁹ « Intégration : mise en œuvre des acquis reliés au développement de la compétence de façon de plus en plus autonome. L'intégration des apprentissages nouveaux à la structure de connaissances de l'élève et à sa façon d'aborder les situations à l'aide de cette nouvelle structure constitue la visée finale de l'apprentissage » (Le Pôle de l'Est, 1996, p. 121).

Rôle(s) de l'enseignant

- Sélectionner les paramètres de montage que les étudiants auront à respecter.
- Accompagner les étudiants dans leur apprentissage pratique de façon individualisée.
- Au besoin, orienter la réflexion des étudiants.

Rôle(s) de l'étudiant

- Réfléchir au problème qui est devant lui et prendre une décision face aux paramètres qu'il doit gérer.
- Réaliser le montage en respect des normes de montage et des paramètres déterminés par l'enseignant.
- Demander de l'aide ou poser des questions, au besoin.
- Analyser si les choix retenus sont adéquats en cours de montage et une fois le montage terminé.

2.2 Simulateur pédagogique

Il convient tout d'abord de définir le terme simulation. Pour certains, la simulation correspond à une formule pédagogique (Archambault, 2000; Chamberland, Lavoie et Marquis, 2011), « la simulation est une méthode pédagogique d'intérêt, ayant déjà fait ses preuves dans différents domaines, très largement acceptée et souhaitée, tant par les étudiants que par les enseignants » (Jouffroy, Khélifi, Fontaine, Parlavecchio, Carli et Vivien, 2016, p. 1).

Pour d'autres, elle correspond plutôt à la mise en fonction d'un modèle ou la production d'un modèle dynamique (Beaufils et Richoux, 2003; Caens-Martin et al., 2004; Chesel et Thioulouse, 1990; Forget, 2016; Lemire, 2008, Le Moigne, 1977, 1987; Varenne, 2013). Elle permet ainsi de « remplacer un phénomène, un système à étudier, par un modèle plus simple, mais ayant un comportement analogue » (Jouffroy et al., 2016, p. 2) ou, selon Bouhadada et Meftah (2008), de modéliser le monde réel en représentant le fonctionnement d'un système par ses caractéristiques et ses processus internes et « d'observer le comportement du système dans son ensemble et son évolution dans le temps » (p. 489).

Les simulateurs pédagogiques se différencient principalement des simulateurs scientifiques par le degré de précisions des phénomènes simulés. Effectivement, alors qu'un simulateur scientifique vise à représenter le plus finement et dans les moindres détails le phénomène, un simulateur pédagogique vise plutôt à mettre en évidence les principaux phénomènes qui permettront à l'apprenant de comprendre le système (Choplin, Degrugillier, Galisson et Morin, 2000).

Ainsi, nous entendons par le terme simulateur pédagogique un dispositif, informatique ou non, qui reproduit un phénomène physique ou une situation de travail et qui vise la construction d'une ou plusieurs compétences par l'étudiant.

2.2.1 Type de simulation retenue

La simulation se fera à l'aide d'un micromonde¹⁰ et l'interaction qu'aura l'utilisateur avec cette simulation sera de type manipulation de modèle. C'est-à-dire, l'obtention de résultats (numériques ou graphiques), par l'interaction avec le modèle explicité et préalablement programmé (Beaufils et Richoux, 2003).

Par ailleurs, notre simulateur appartiendra à la catégorie des simulations hybrides selon Kaufman (2010). En effet, celui-ci combinera une simulation de situation à une simulation technique. Il correspondra à la simulation de situation dans la mesure où il favorisera l'apprentissage de la résolution de problèmes et de la prise de décision. Par ailleurs, il se rapportera à la simulation technique, car il permettra à l'étudiante ou l'étudiant de s'exercer sur une reproduction d'un système physique et

¹⁰ Une simulation de type micromonde est entièrement informatisée et simule l'ensemble des éléments de la situation de référence (Samurçay et Rogalski, 1998).

favorisera l'économie de temps. Un résumé des catégories de simulations selon Kaufman (2010) est offert au tableau 2.

Tableau 2. Catégories de simulations selon Kaufman (2010)

Catégorie	Utilisation
Simulations logicielles	Utilisées pour la formation dans le domaine des TI et des logiciels
Simulations d'affaires	Utilisées pour perfectionner les compétences en matière de gestion et de comptabilité et qui passent souvent par l'exploitation d'entreprises virtuelles
Simulations de situation	Servent à promouvoir l'apprentissage de compétences en matière de communication, de résolution de problèmes et de prise de décisions
Simulations techniques	Exigent que l'apprenant s'exerce sur des reproductions de systèmes physiques pour apprendre le fonctionnement du matériel plutôt que sur des systèmes coûteux ou dangereux
Simulations de procédures	Utiles pour apprendre des processus en plusieurs étapes dans le cadre desquels un ensemble d'étapes bien définies doit être exécuté de nombreuses fois avant d'être bien maîtrisé
Mondes virtuels	Recréent des milieux de travail et d'autres environnements pour que l'apprenant se confronte à des interactions organisationnelles et sociales
Simulations hybrides	Combinaisons des catégories précédentes

Note. Définitions tirées de Kaufman, 2010, p. 77

2.2.2 Modèle et situation de référence

Le système représenté par le simulateur pédagogique sera un montage équilibré de référence, réalisé sur articulateur Hanau. Il sera possible d'observer la dynamique du mouvement des dents montées entre elles en actionnant les commandes des éléments permettant les mouvements de latéralité et de protrusion. Les étudiants pourront également agir sur la dynamique du montage en changeant les différentes variables du quint de Hanau et en observant les répercussions sur les différents mouvements. Tous les éléments seront représentés à l'aide de modélisation 3D du système.

Nous avons retenu comme modèles de bouche à inclure dans le simulateur pédagogique les modèles de classe I d'Angle qui sont actuellement utilisés dans le cadre du cours 110-435-EM, c'est-à-dire les silastics 120.1.H / 520.2.B (voir figure 3 et 4). Ils correspondent au premier cas de classe I que les étudiants auront à réaliser dans le cadre de ce cours.



Figure 3. **Modèle du silastic 120.1.H**



Figure 4. **Modèle du silastic 520.2.B**

Le rapport interarcade retenu est le même que celui déterminé par la clé d'occlusion de ce cas, qui est utilisée dans le cadre de ce cours.



Figure 5. **Rapport interarcade en vue frontale**



Figure 6. Rapport interarcade en vue latérale

Le cas de base, à partir duquel toutes les activités réalisées à l'aide du simulateur débiteront, est le cas représentant la moyenne de la population et correspondant au cas de semi-précision. La simulation devra représenter le cas réalisé sur le même articulateur Hanau (figure 2) que celui utilisé par la clientèle étudiante du programme Technique de denturologie. Pour correspondre au cas de semi-précision, le réglage des angles condyliens sera à 30° bilatéral et le réglage du plan prothétique à 10°. L'angle de Bennett sera de 15,8° ($30/8+12$).



Figure 7. Réglage à 30° de l'angle condylien gauche du patient sur l'articulateur Hanau



Figure 8. Réglage de l'angle de Bennett gauche du patient à 15,8 ° sur l'articulateur Hanau



Figure 9. Représentation d'un plan prothétique à 10°

Les dents postérieures retenues pour ce cas de départ seront des dents Trubyte ayant 20° d'angle cuspidien.



Figure 10. Dents prothétiques postérieures Trubyte 20° (Dentsply, 2015, p. 21)

Dans le cadre du cours, la grosseur du moule retenu pour ce cas est 29M, c'est donc celui-ci qui sera reproduit par le modèle du simulateur.



Figure 11. Moule postérieur 29M, dents 20° (Dentsply, 2003, p. 11)

La courbe de compensation correspondra à celle du Guide Dentsply. C'est-à-dire aucune Wilson, car la trajectoire résiduelle est nulle (30° condylien - 10° plan prothétique = 20° = °cuspidien de la dent sélectionnée), il n'y a donc rien à compenser. Il y a un peu de Spee pour respecter l'anatomie et la théorie de Lejoyeux (1976) qui dit :

La face occlusale de la première molaire est inclinée en arrière et en haut. Elle forme avec le plan un angle de 6° environ. Une inclinaison frontale proportionnelle à l'angle de la trajectoire du condyle orbitant est également prévue et réalisée. (p. 506)

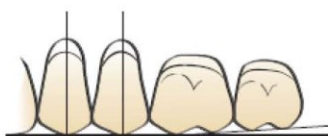


Figure 12. Courbe de compensation en vue latérale pour le cas de référence selon le guide de montage (Dentsply, 2015, p. 21)



Figure 13. Contacts à la plaque de chacune des dents postérieures 20° en vue frontale, selon le guide de montage (Dentsply, 2015, p. 22)

Les dents antérieures retenues pour le cas sont les mêmes que celles utilisées par les étudiants lors de leur montage, c'est-à-dire Classic plastic de Dentsply moule 3D / 3D.

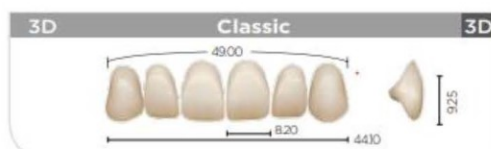


Figure 14. Moule antérieur supérieur Classic plastic 3D (Dentsply, 2017, p. 3)



Figure 15. Moule antérieur inférieur Classic plastic 3D (Dentsply, 2017, p. 5)

Le modèle de référence du simulateur n'aura aucun guidage incisif, mais aura des contacts harmonieux en protrusion et en latéralité, ce qui correspond à la fonction de groupe.

Les autres paramètres de montage tels que : les zones neutres, la symétrie, la hauteur des postérieures inférieures (2/3 du triangle rétromolaire), l'intercuspitation adéquate et les surplombs horizontaux des dents postérieures seront tous respectés.

2.2.3 Fonctions

Latéralité

Le modèle inclus dans le simulateur sera en mesure de réaliser le mouvement de latéralité gauche et de latéralité droite. Cette fonction sera activée par la manipulation à l'écran de la tige incisive et le déblocage du condyle correspondant à la latéralité que l'utilisateur souhaite effectuer.

Protrusion

Le modèle inclus dans le simulateur sera en mesure de réaliser le mouvement de protrusion. Cette fonction sera activée par la manipulation à l'écran de la tige incisive et le déblocage des deux condyles simultanément.

Ouverture de l'articulateur

Le modèle inclus dans le simulateur permettra l'ouverture de l'articulateur pour l'observation des contacts et des versants. Cette fonction se fera à l'aide de la manipulation de la tige incisive vers le haut.

Changement de degré condylien et d'angle de Bennett

Il sera possible de changer les degrés condyliens du modèle inclus dans le simulateur par le biais d'un menu déroulant sur chaque côté de l'écran où les valeurs iront de 0° à 90° par saut de 5° pour représenter ce qui est possible sur l'articulateur Hanau. Les bonds de 5° ont été retenus pour faciliter la programmation en limitant le nombre de possibilités intermédiaires. Un résultat graphique se produira sur le réglage du condyle de l'articulateur à l'écran.

Lors d'un changement de la valeur du condyle, l'angle de Bennett sera automatiquement ajusté selon la formule $H/8 + 12$, où H correspond à la valeur du condyle. L'affichage numérique (à une décimale) de l'angle de Bennett se fera sous l'affichage du condyle sur chaque côté de l'écran et un résultat graphique sera obtenu sur le réglage de l'angle de Bennett sur l'articulateur.

Changement de plan occlusal

Il sera possible de faire varier le plan occlusal selon quatre valeurs, soit : 0°, 5°, 10° et 15°. L'affichage numérique de la valeur se fera sur le côté de l'écran à l'aide d'un menu déroulant et un résultat graphique sera obtenu. La sélection de ces quatre valeurs a été faite dans le but de représenter la majorité des cas que l'on peut retrouver dans le cadre de la pratique de la denturologie, mais en limitant les possibilités de valeur intermédiaire pour faciliter la programmation du simulateur.

Changement de degré cuspidien

Le changement de degré cuspidien se fera selon les différents degrés de moules offerts par la compagnie Dentsply (0°, 10°, 20°, 33° et 40°) et équivalent à la largeur du moule postérieur de 29M (20°), soit dans l'ordre : 630, 330, 30M et 730. Les moules 22° et 30° ont volontairement été omis dans le but de simplifier le simulateur.



Figure 16. Moule postérieur 630, dents 0° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 10)

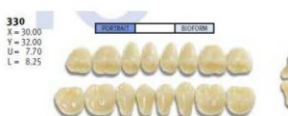


Figure 17. Moule postérieur 330, dents 10° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 11)



Figure 18. Moule postérieur 30M, dents 33° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 13)

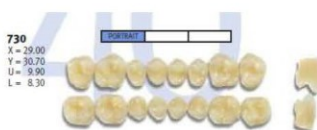


Figure 19. Moule postérieur 730, dents 40° de largeur correspondante au moule 29M (Dentsply, 2003, p. 13)

Un menu déroulant permettra de choisir le degré cuspidien et les changements graphiques en conséquence apparaîtront à l'écran. Il ne sera possible d'installer qu'un seul moule pour l'ensemble du cas afin de correspondre à ce qui est souhaité dans la pratique réelle de la denturologie.

Changement de guidage incisif

Comme en temps normal il n'est pas souhaité d'avoir un guidage incisif en prothèse complète pour atteindre la fonction de groupe et que les antérieures inférieures sont positionnées à la fin du montage en fonction des autres paramètres, il ne sera possible d'ajuster le guidage incisif que selon deux valeurs, soit :

- a) Normale : où le placement se fera automatiquement pour respecter les autres données
- b) Normale + 10°, où les dents antérieures créeront un guidage de 10° par rapport à fonction de groupe.

Le réglage *Normale + 10°* ne servira que pour un seul exercice qui portera sur les désirs esthétiques de la patiente ou du patient.

Il faut savoir que la théorie concernant le guidage incisif ne permet pas actuellement de déterminer une donnée numérique claire, elle pourrait être analysée en cours de développement en collaboration avec un ingénieur mécanique, pour permettre une représentation fidèle à l'écran.

Changement de courbe de compensation

Le changement de courbe de compensation se fera à l'aide de deux menus numériques placés de part et d'autre de l'écran pour correspondre au côté sur lequel on souhaite intervenir. On pourra y ajuster la valeur de la courbe un degré à la fois de 0° à 90° et un résultat graphique se produira à chaque changement de valeur.

Meulage sélectif

Il sera possible de produire un résultat de meulage sélectif affectant toutes les dents d'un même côté en fonction du nombre de degrés que nous souhaitons retirer à l'angulation cuspidienne des dents, un résultat graphique s'ensuivra. Les menus de cet ajustement se trouveront de chaque côté de l'écran pour correspondre au côté de montage que l'on souhaite modifier. La valeur se trouvera entre - 0° et - 20° lorsque le degré cuspidien le permet (ex : 0° - 20° = impossible, donc non permis); ce qui correspondra à un changement maximal de deux niveaux de dent à la baisse (ex : de 40° à 20° ou de 20° à 0°). L'utilisation extrême de cette fonction permettra aux étudiants de visualiser la conséquence d'un mauvais choix de de degré cuspidien.

Zoom de l'image

Il sera possible pour les étudiantes et étudiants de faire un zoom avant sur une partie de l'articulateur pour mieux voir ce qui s'y déroule; au niveau des dents par exemple. Cela sera également possible lors des fonctions de latéralité et de protrusion. Par ailleurs, le retour à la vue globale sera possible par un zoom arrière.

Rotation de l'image

Il sera possible pour l'utilisateur de faire tourner la modélisation 3D de l'articulateur pour être en mesure d'observer le montage en vue frontale, latérale ou postérieure.

Sélection des versants et des bords incisifs

Dans le cadre des exercices 1 et 2, on demandera aux étudiants de sélectionner les surfaces des dents qui entrent en contact lors des mouvements de latéralité et de protrusion. Il devra donc être possible au cours de ces deux exercices de mettre en surbrillance les versants des dents postérieures et les bords incisifs des antérieures.

Affichage des tracés occlusaux

Si le budget et la programmation le permettent, nous souhaitons que les tracés occlusaux lors des différents mouvements s'affichent au fur et à mesure des changements de données par l'étudiant lors de la réalisation des exercices.

Affichage de la formule de Thieleman

Un bouton disponible en tout temps sur l'écran d'exercice permettra l'affichage de la formule de Thieleman dans une info-bulle (fenêtre surgissante), si l'utilisateur ressent le besoin de consulter cette information en cours de manipulation.

Compte de connexion

Le compte de connexion créé par l'étudiant devra se faire à l'aide de son numéro d'étudiant et de son mot de passe réseau du Cégep Édouard-Montpetit. Le compte de connexion de l'enseignant se fera à l'aide de ses informations de connexion habituelle du CEM.

Suivi de l'utilisateur-étudiant

Lorsque connecté avec un compte utilisateur-enseignant, les informations de suivi de tous les utilisateurs-étudiants (exercices réalisés ou en cours de réalisation, temps utilisé pour compléter chaque exercice, date de la dernière connexion) devront être accessibles pour favoriser l'accompagnement.

Verrouillage des éléments de la mise en situation, une fois bien ajustés

On demandera à l'étudiant d'agir sur les variables après avoir lu la mise en situation de l'exercice (ex : augmentation du degré condylien droit de 5°). Il devra donc sélectionner la ou les bonnes variables et agir sur celles-ci selon ce qui est dit dans mise en situation. Une fois cette donnée validée à l'aide d'un bouton, elle devra automatiquement se verrouiller pour permettre à l'étudiante ou l'étudiant de voir

quel déséquilibre cela occasionne. Par la suite, on lui demandera de rééquilibrer le montage en agissant sur les autres variables, d'où l'importance de verrouiller les variables selon l'exercice.

2.2.4 Exercices

Au courant des exercices 3 à 9, les tracés occlusaux seront visibles, si la programmation du simulateur le permet.

Exercice d'accueil (tutoriel)

L'exercice d'accueil consistera en une animation interactive qui guidera l'utilisateur-étudiant dans l'environnement du simulateur, par la présentation des différentes fonctions (voir section 2.2.3) de celui-ci et par la découverte de leur représentation à l'écran.

Exercice 1

Mise en situation

Sélectionnez les surfaces dentaires qui entrent en contact lors d'une latéralité droite du patient.

Explications

Le premier exercice permettra à l'étudiant de revoir la fonction de latéralité d'un montage et de bien analyser les contacts qui se produisent entre les dents lorsque le montage est bien réalisé. Pour ce faire, il devra débloquent à l'écran le condyle gauche (patient) correspondant à la mise en situation et manipuler la tige pour effectuer le mouvement de latéralité. Ensuite, il ou elle devra sélectionner les versants ou les bords incisifs des antérieures qui entrent en contact, autant du côté balançant que du côté travaillant. Les surfaces sélectionnées apparaîtront en couleur. Le nombre total de surfaces à sélectionner sera indiqué et un décompte se fera au fur et à mesure que les surfaces seront retenues. L'étudiant pourra valider sa réponse, une fois qu'il aura sélectionné le nombre total de surfaces. Les variables de montage (plan, condyle, degré cuspidien, compensation, guidage incisif, meulage) seront automatiquement verrouillées sur le cas de référence.

Exercice 2

Mise en situation

Sélectionnez les surfaces dentaires qui entrent en contact lors du mouvement de protrusion.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de revoir la fonction de protrusion d'un montage et de bien analyser les contacts qui se produisent entre les dents lorsque le montage est bien réalisé. Pour ce faire, il devra débloquent à l'écran les deux condyles et manipuler la tige vers l'arrière pour effectuer le mouvement de

protrusion. Ensuite, il devra sélectionner les versants ou les bords incisifs des antérieures qui entrent en contact. Les surfaces sélectionnées apparaîtront en couleur. Le nombre total de surfaces à sélectionner sera indiqué et un décompte se fera au fur et à mesure que les surfaces seront retenues. L'étudiant pourra valider sa réponse, une fois qu'il aura sélectionné le nombre total de surfaces. Les variables de montage (plan, condyle, degré cuspidien, compensation, guidage incisif, meulage) seront automatiquement verrouillées sur le cas de référence.

Exercice 3

Mise en situation

Lors de votre rendez-vous d'essai avec votre patient, vous avez constaté que les dents n'agissaient pas de la même façon en bouche que sur l'articulateur. Vous avez repris des clés de protrusion et rendu au laboratoire vous constatez que cela a fait augmenter la variable associée de 5° de chaque côté.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de débiter l'expérimentation et la modélisation des variables en associant également celles-ci à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois les condyles positionnés à 35° de chaque côté et la réponse validée, les données des condyles se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultimement, il devrait procéder à une augmentation de courbe de compensation bilatérale.

Exercice 4

Mise en situation

Lors de votre rendez-vous d'essai avec votre patient, vous avez constaté que les dents n'agissaient pas de la même façon en bouche que sur l'articulateur. Vous avez repris des clés de protrusion et rendu au laboratoire vous constatez que cela a fait diminuer la variable associée de 10° de chaque côté.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de continuer l'expérimentation et la modélisation des variables en associant également celles-ci à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois les condyles positionnés à 20° de chaque côté et la réponse validée, les données des condyles se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultimement, il devrait procéder à un

changement de dent à 10°. Une autre réponse pourrait être possible, où il ferait perdre 10° du côté balançant aux dents 20° pour récupérer les contacts en travaillant.

Exercice 5

Mise en situation

Au moment de faire la mise en articulation de votre cas au laboratoire, vous constatez que le matériau censé retenir le boudin sur la fourchette d'articulateur est décollé de l'arrière. Vous choisissez de monter votre cas selon des données standardisées et de reprendre le transfert d'arc facial et les clés de protrusion à votre premier rendez-vous d'essai. À la suite de la remise en articulé, vous constatez que la variable en lien avec les clés de protrusion n'a pas changé, par contre, celle en lien avec l'arc facial a diminuée de 5°.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de continuer l'expérimentation et la modélisation des variables en associant également celles-ci à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois le plan occlusal positionné à 5°, les condyles maintenus à 30° de chaque côté et la réponse validée, les données des condyles et plan occlusal se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultiment, il devrait procéder à une augmentation de la courbe de compensation des deux côtés.

Exercice 6

Mise en situation

Lors de l'essai en bouche de votre patiente, vous constatez que l'on voit pratiquement l'occlusal de ses dents lorsqu'elle sourit. Vous revalidez vos données à l'aide de la fourchette de Fox et constatez que le plan bipupillaire est bon, mais que le plan de Camper n'est pas respecté et est trop bas au niveau postérieur. Vous choisissez de remonter les dents postérieures de 5°.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de continuer l'expérimentation et la modélisation des variables en associant également celles-ci à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois le plan occlusal positionné à 15°, les condyles maintenus à 30° de chaque côté et la réponse validée, les données des condyles et plan occlusal se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres

variables. Ultiment, il devrait procéder à un changement des dents pour 10° et ajustement de la courbe de compensation en conséquence ou à un meulage des dents postérieures pour retrouver l'équilibre.

Exercice 7

Mise en situation

Lors de votre rendez-vous d'essai avec votre patient, vous avez constaté que les dents n'agissaient pas de la même façon en bouche que sur l'articulateur. Vous avez repris des clés de protrusion et rendu au laboratoire vous constatez que cela a fait augmenter la variable associée de 15° à la gauche du patient et de 20° à la droite du patient.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de poursuivre l'expérimentation et la modélisation des variables dans une situation plus complexe, toujours en associant les variables à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois les condyles positionnés à 50° à droite, à 45° à gauche et la réponse validée, les données des condyles se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultiment, il devrait procéder à un changement pour une dent 33° et à une courbe de compensation plus faible à gauche qu'à droite. Il ne devrait pas choisir de conserver les dents 20° en accentuant uniquement la courbe de compensation, car les dents postérieures arriveront au-dessus du 2/3 du trigone, ce qui n'est pas acceptable. Les dents 40° pour leur part nécessiteraient un meulage à gauche dû au plan occlusal de 10°, ce qui n'en fait pas la meilleure option.

Exercice 8

Mise en situation

Lors de votre rendez-vous d'essai avec votre patient, vous avez constaté que les dents n'agissaient pas de la même façon en bouche que sur l'articulateur. Vous avez repris des clés de protrusion et rendu au laboratoire vous constatez que cela a fait augmenter la variable associée de 5° à la gauche du patient et la fait diminuer de 10° à la droite du patient.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de poursuivre l'expérimentation et la modélisation des variables dans une situation plus complexe, toujours en associant les variables à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois les condyles positionnés à 20° à droite, à 35° à gauche et la réponse validée, les données des condyles se verrouilleront et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultimement, il devrait conserver les dents 20°, accentuer la courbe de compensation à gauche et procéder au meulage sélectif à droite. Il ne devrait pas choisir de changer les dents pour de la 10° en créant une forte courbe de compensation à gauche, car les dents postérieures arriveront au-dessus du 2/3 du trigone, ce qui n'est pas souhaitable. Cet exercice vise à leur faire comprendre que dans certains cas particuliers le meulage sélectif est la meilleure solution.

Exercice 9

Mise en situation

Lors de votre rendez-vous d'essai avec votre patiente, cette dernière vous demande d'allonger ses dents antérieures supérieures, tout en conservant la position de ses dents antérieures inférieures, ceci contribue donc à accentuer le surplomb vertical, sans changer le surplomb horizontal et fait en sorte que les dents antérieures interagissent plus fortement les unes avec les autres.

- a) Procédez à l'ajustement des données.
- b) Retrouvez l'équilibre en agissant sur les autres données.

Explications

Cet exercice permettra à l'étudiant de poursuivre l'expérimentation et la modélisation des variables dans une situation plus complexe, toujours en associant les variables à leur provenance dans le traitement grâce à la mise en situation.

Une fois le guidage incisif accentué, la donnée sera verrouillée et l'étudiant pourra ajuster les autres variables. Ultimement, il devrait changer les dents postérieures pour des dents de 33° et ajuster la courbe de compensation en vue d'obtenir un montage équilibré. Le fait de simplement accentuer la courbe de compensation sans changer les dents est non-souhaitable, car une fois de plus les dents postérieures arriveront au-dessus du 2/3 du trigone.

Aussi, il serait pertinent que l'enseignant explique une fois l'exercice terminé, que ce genre de situation se produit fréquemment lors de montage de prothèse complète sur prothèse partielle avec deux selles libres (C/P) et que le bon choix de dent est alors judicieux.

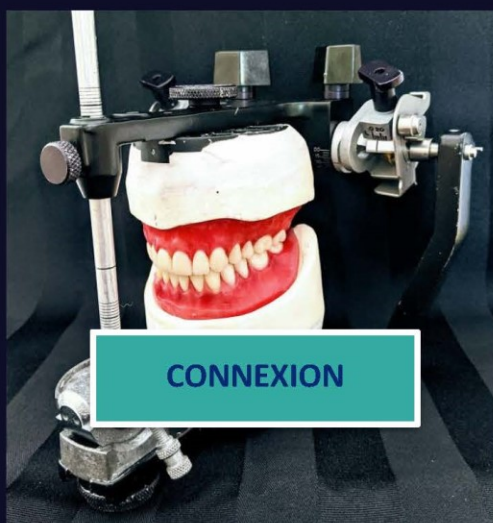
2.2.5 Configuration des écrans

Il est à noter que la sélection du thème de couleurs s'inscrit dans celui du cahier des charges, mais peut être appelé à être modifié dans le cadre du développement du simulateur. Cette section sert principalement à orienter le développeur dans la configuration spatiale des pages du simulateur en lien avec les fonctions attendues du simulateur, qui ont été préalablement explicitées. Tous les rendus ainsi que le design graphique seront améliorés lors du développement du simulateur.

Par ailleurs, les photos incluses dans les configurations d'écran seront remplacées par la modélisation 3D constituant le simulateur.

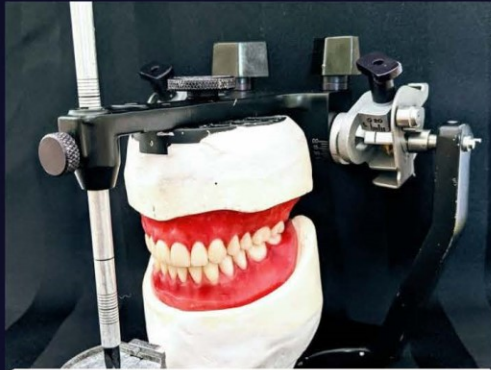
Écran d'accueil

SIMULATEUR PÉDAGOGIQUE DE MONTAGE ÉQUILIBRÉ



[Écran de connexion](#)

SIMULATEUR PÉDAGOGIQUE DE MONTAGE ÉQUILIBRÉ

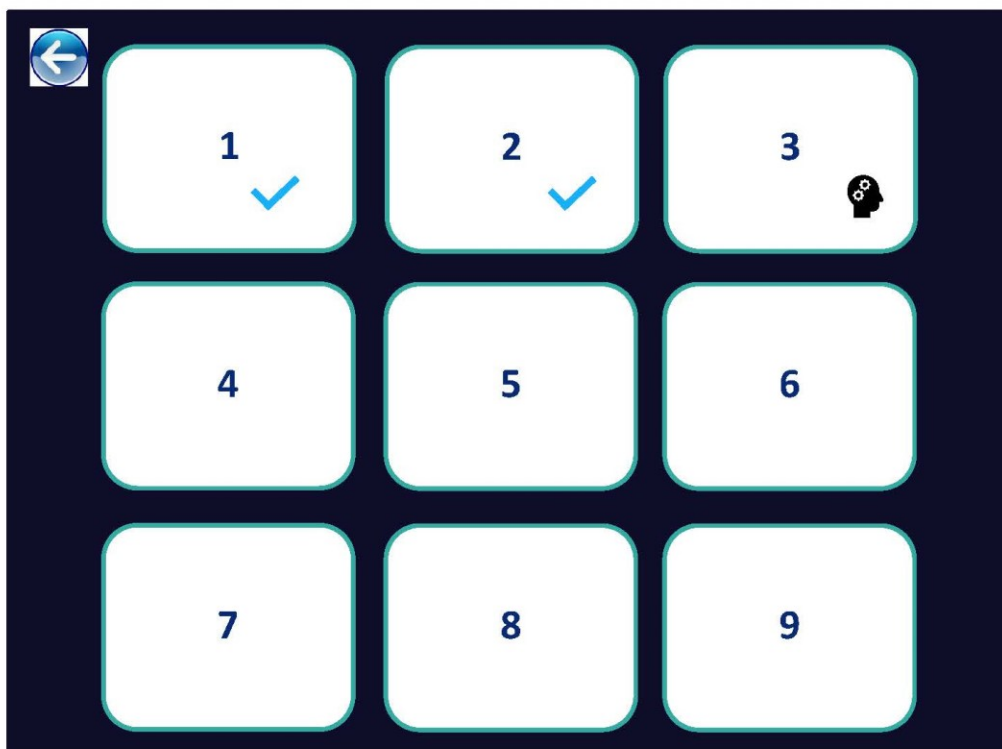


Utilisateur




Mot de passe

Écran de suivi des exercices



Un crochet apparaît lorsque l'utilisateur a complété l'exercice avec succès. Un logo d'activité en cours apparaît lorsque l'exercice a été débuté, mais non complété. La flèche bleue permet de revenir à l'écran de connexion.

Écran en cours d'exercice



EXERCICE 1

Formule/
Aide


Mise en situation

Condyle 30°

Bennett 15.8°

Compensation 0°

Meulage 0°



Condyle 30°

Bennett 15.8°

Compensation 0°

Meulage 0°

Valider

Plan occlusal 10°

Guidage incisif normale

Degré cuspidien 20°

La flèche bleue permet de revenir à l'écran de suivi des exercices. Le bouton Formule/ Aide permet d'afficher la formule de Thielemann dans une info-bulle. Lorsque l'arrière-plan d'un bouton de variable s'affiche en rouge, cela signifie que la donnée est verrouillée. Le bouton valider permet à l'étudiant de s'assurer qu'il a bien ajusté les données selon la mise en situation et permet, par le fait même, le verrouillage des variables. Il lui permet également de valider sa réponse finale pour compléter l'exercice.



Références bibliographiques

- Batarec, E. (1998). *Lexique des termes de prothèse dentaire (2^e éd.)*. Rueil-Malmaison : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1972)
- Beaufils, D. et Richoux, B. (2003). Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique. *Didaskalia*, 23, 9-38.
- Bellemkhannate, S., Janati, G. et Chbani, A. (2012, 1^{er} décembre). Le guidage antérieur en prothèse adjointe complète. Dans *Le courrier du dentiste*. Repéré à <https://www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/le-guidage-antérieur-en-prothese-adjointe-complete.html>
- Bonifay, P. (2017). Rapport intermaxillaire : Quatrième séance clinique. Dans M. Pompignoli, J.Y. Doukhan et D. Raux (dir.), *Prothèse complète : clinique et laboratoire* (5^e éd., p. 129-172). Rueil-Malmaison : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1993-1994)
- Bouhadada, T. et Meftah, C. (2008). SIMULAgent : coopération entre agent pédagogique et simulateur d'activités pédagogiques interactives. *Actes du colloque africain sur la recherche en informatique et en mathématiques appliquées (CARI)* (p.487-495). Rabat, Maroc : Mohammadia School of Engineers.
- Cabinet de radiologie dentaire Échelle-Saint-Honoré. (s.d.). *Téléradiographie*. Repéré le 10 août 2020 à <https://www.radiologie-echelle-st-honore.com/teleradiographie>
- Caens-Martin, S., Specogna, A., Delépine, L. et Girerd, S. (2004). Un simulateur pour répondre à des besoins de formation sur la taille de la vigne. *Sciences et technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation*, 11, 197-211.
- Chesel, D. et Thioulouse, J. (1990). Auto-modélisation en analyse des données. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluents des sciences* (p. 71-86). Paris : Éditions du CNRS.
- Choplin, H., Degrugillier, D., Galisson, A. et Morin, S. (2000). Comment réaliser un simulateur pédagogique : un exemple conçu et développé par le groupe des écoles de télécommunications. *Actes du colloque international TICE 2000* (n. p.). Troyes : Université Technologique de Troyes.
- Christen, U. et Kerschensteiner, E. (2013). *Guide de prothèse complète*. Bad Säckingen : VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG.
- Dentsply. (2003). *IPN® Teeth Mould Chart*. York, PA : Dentsply International, Inc.

-
- Dentsply. (2015). *Anterior & posterior tooth arrangement manual*. York, PA : Dentsply International, Inc.
- Dentsply. (2017). *Classic® Mould Chart – Ultra Value Denture Teeth: For dental professionals and laboratories*. York, PA : Dentsply Sirona, Inc.
- Durodent dental. (2020). *Alma Bite Plane (Fox Plane) – 1*. Repéré le 10 août 2020 à <https://www.durodent.com.au/alma-bite-plane-fox-plane-1>
- Forget, A. (2016). La modélisation. Dans B. Gauthier et I. Bourgeois (dir.), *Recherche sociale : de la problématique à la collecte des données* (6^e éd, p. 129-157). Québec : Presses de l'Université du Québec. (Ouvrage original publié en 1984)
- Gire, A. (1990). Méthodologie ouverte de la modélisation : Quelques réflexions épistémologiques. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 55-70). Paris : Éditions du CNRS.
- Granger, E. R. (1962). *Practical procedures in oral rehabilitation*. Philadelphie, PA : J. B. Lippincott Company.
- Guezzen, N. (2008). Physiologie des mouvements mandibulaires. Repéré à <https://vdocuments.site/physiologie-des-mouvements-mandibulaire.html>
- Hauteville, A. (2014, 10 mai). *Courbe de Spee et courbe de Wilson* [Billet de blogue]. Repéré à <https://conseildentaire.com/courbe-de-spee-courbe-de-wilson/>
- Jouffroy, R., Khélifi, G., Fontaine, M., Parlavecchio, J., Carli, P. et Vivien, B. (2016). Apport de la simulation pour la prise en charge des urgences vitales. *Actes du congrès de la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR) sur les urgences vitales* (p. 1-11). Paris : SFAR.
- Kaufman, D. (2010). Les simulations dans la formation des professionnels de la santé. Dans L. Sauvé et D. Kaufman (dir.), *Jeux et simulations éducatifs : études de cas et leçons apprises* (p. 73-94). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Le Moigne, J. L. (1977). *La théorie du système général : théorie de la modélisation*. Paris : Presses universitaires de France.
- Le Moigne, J. L. (1987). *Qu'est-ce qu'un modèle?* (Note de recherche 87-12). Université D'Aix-Marseille III, Groupe de recherche en analyse de système et calcul économique, Aix-en-Provence, France.
- Le Pôle de l'Est. (1996). *Processus de planification d'un cours centré sur le développement d'une compétence*. Rapport de recherche adressé à la Délégation collégiale du comité mixte de Performa, (s.l.).

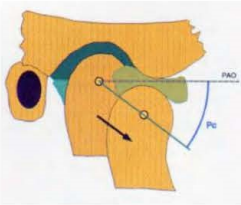
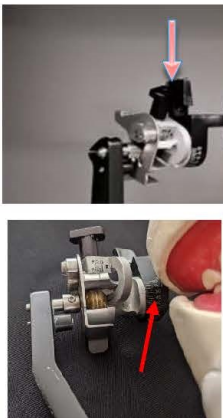
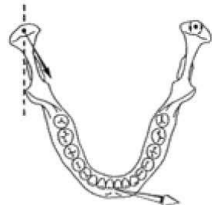

-
- Legay, J. M. (1990). De la complexité des objets à la méthode des modèles synthèse des travaux du colloque. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 235-240). Paris : Éditions du CNRS.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3^e éd.). Montréal, QC : Guérin. (Ouvrage original publié en 1988)
- Lejoyeux, J. (1976). *Prothèse complète, Vol. 2 : Diagnostic-Traitement (1^{ère} partie)* (3^e éd.). Paris : Maloine S.A. éditeur. (Ouvrage original publié en 1967)
- Lemire, G. (2008). *Modélisation et construction des mondes de connaissances : aspects constructiviste, socioconstructiviste, cognitiviste et systémique*. Québec : Les Presses de l'Université Laval.
- Loriis29. (2018, août). *Body planes, regions etc (intro)* [Quizlet]. Repéré à <https://quizlet.com/307477166/body-planes-regions-etc-intro-flash-cards/>
- Nagle, R. J., Sears, V. H. et Silverman, S. I. (1962). *Denture prosthetics : complete dentures* (2^e éd.). Saint Louis, MO : The C.V. Mosby Compagny. (Ouvrage original publié en 1958)
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences : Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Parrochia, D. (1990). Quelques aspects épistémologiques et historiques des notions de système et de modèle. Dans M. Brissaud, M. Forsé et A. Zighed (dir.), *La modélisation confluent des sciences* (p. 215-234). Paris : Éditions du CNRS.
- Pompignoli, M., Raux, D. et Doukhan, J. Y. (2017). *Prothèse complète : Clinique et laboratoire* (5^e éd.). Rueil-Malmaison : Éditions CdP. (Ouvrage original publié en 1993-1994)
- Riopel, M. (2005). *Conception et mises à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur*. (Thèse de doctorat inédite). Université de Montréal, Québec, Canada.
- Roxharbour. (2018, octobre). *Ap. masticateur - bonbons examen 1* [Quizlet]. Repéré à <https://quizlet.com/ca/330535867/ap-masticateur-bonbons-examen-1-flash-cards/>
- Samurçay, R. et Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le travail humain*, 61(4), 333-359.
- Sensevy, G. et Santini, J. (2006). Modélisation : une approche épistémologique. *Aster : recherches en didactique des sciences expérimentales*, 43, 163-188.

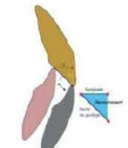

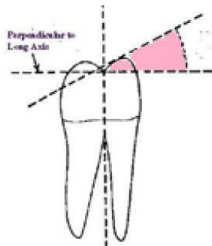

Varenne, F. (2013). Modèles et simulations dans l'enquête scientifique : variétés traditionnelles et mutations contemporaines. Dans F. Varenne et M. Silberstein (dir.), *Modéliser et simuler, Vol. 1 : Épistémologie et pratiques de la modélisation et de la simulation* (p. 11-50). Paris : Éditions Matériologiques.

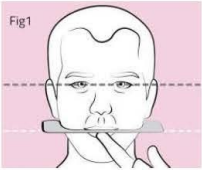
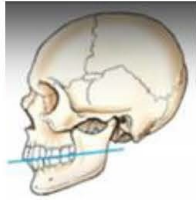

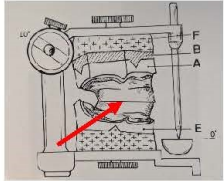


Za'atreh, R.F. (2014). *Factors of mandibular movements related to occlusal morphology*. Manuscrit inédit. Repéré à https://jude20111.files.wordpress.com/2014/01/sheet9dr-yara-rawan-za_atreh.pdf


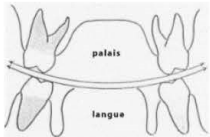

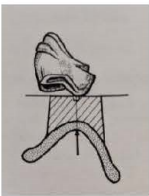

Annexe A. Tableau présentant un exemple de l'activité 3 complétée

Quint de Hanau

Nom de la variable	Définition	Synonymes	Image selon l'anatomie	Image sur articulateur	Provenance dans le traitement et influence sur le montage
Angle condylien	<p>Correspond à l'angulation, dans le plan sagittal, de la pente articulaire sur laquelle le condyle du patient se déplace.</p> <p>Il peut être d'une valeur différente à gauche et à droite.</p> <p>En moyenne de 30° chez les patients exempts de problèmes articulaires.</p>	<p>Pente condylienne</p> <p>Angulation condylienne</p> <p>Degré condylien</p>	 <p>Source. Guezzen (2008)</p>		<p>Il est déterminé à l'aide des clés de protrusion provenant des manipulations effectuées avec le patient lors de l'enregistrement d'occlusion.</p> <p>Il a une forte influence sur le montage, car, étant tributaire de l'anatomie articulaire du patient, il s'impose au denturologiste et ne peut être changée (Granger, 1962 ; Pompignoli et al., 2017).</p>
Angle de Bennett	<p>Trajet que suit le condyle non-travaillant vers le bas et vers la ligne médiane lors d'un mouvement de latéralité.</p> <p>Tributaire de l'angle condylien, il n'est pas compris dans les cinq variables du <i>Quint de Hanau</i> à proprement parler, mais fait partie des ajustements de l'articulateur</p>		 <p>Source. Adaptation de Roxharbour (2019)</p>		<p>Le réglage sur l'articulateur se fait selon la formule suivante :</p> $\frac{^\circ \text{condylien} + 12}{8}$ <p>Lejoyeux (1976)</p> <p>Permet un déplacement, sur l'articulateur, plus représentatif des mouvements de latéralité en bouche.</p>

Trajectoire incisive	Correspond à la façon par laquelle les dents antérieures supérieures et inférieures interagissent lors des mouvements excentrés.	Pente incisive Guidage antérieur Guidage incisif	 <p>Source. Bellemkhannate et al. (2012)</p>		En prothèse complète, elle est déterminée par le denturologiste, mais peut parfois être influencée par l'esthétique attendue par le patient (Granger, 1962; Pompignoli et al., 2017).
Angle cuspidien	<p>Correspond à la profondeur des dents postérieures (prémolaires et molaires) et à l'inclinaison des surfaces de glissement entre celles-ci lors des mouvements excentrés.</p> <p>Les degrés offerts sont : 0°, 10°, 20°, 22°, 30°, 33° et 40°.</p> <p>Degré le plus fréquemment utilisé en Techniques de denturologie est 20°.</p>	Degré de cuspidation des dents Angulation cuspidienne	 <p>Source. Adaptation de Za'atreh (2014)</p>	 <p>Source. Dentsply (2015)</p>	<p>Le choix des dents postérieures est entièrement à la discrétion du denturologiste, mais ce choix doit tenir compte des autres facteurs du <i>Quint de Hanau</i>.</p> <p>Le choix peut parfois être influencé par les dents postérieures présentes sur les anciennes prothèses du patient ou de la patiente.</p>

<p>Plan prothétique</p>	<p>Plan sur lequel les dents antérieures et postérieures sont montées à la plaque.</p> <p>C'est un plan imaginaire sur lequel les dents supérieures et inférieures entrent en contact, dans le sens où il n'est pas visible une fois le montage terminé (Granger, 1962).</p> <p>En vue frontale, il est généralement horizontal et en vue sagittale, il est généralement oblique et plus haut dans la zone postérieure.</p>	<p>Plan occlusal</p> <p>Plan d'occlusion</p>	<p>Fig1</p>  <p>Source. Durodent dental (2020)</p>  <p>Source. Loriis29 (2018)</p>  <p>Source. Adaptation de Cabinet de radiologie dentaire Échelle-Saint-Honoré (s.d.)</p>	 <p>Source. Lejoyeux (1976, p. 333)</p>  	<p>Il est déterminé avec le patient en se référant a) à l'axe de ses yeux, b) au plan de référence anatomique, appelé plan de Camper, et c) au transfert de la position du maxillaire à l'aide de l'arc facial.</p> <p>De face, ce plan doit être parallèle à la ligne bi-pupillaire et de profil, il est parallèle au plan de Camper. Il est déterminé par l'ajustement de la surface du bourrelet de cire supérieur lors de l'enregistrement d'occlusion.</p> <p>Une fois établi avec le patient, il ne doit pas être modifié, sauf dans quelques rares exceptions.</p>
-------------------------	---	--	---	---	---

<p>Courbe de compensation</p>	<p>Plan oblique qui est donné aux molaires et qui est ascendant médialement et postérieurement par rapport au plan prothétique.</p> <p>Permet d'éviter les effets de levier et assure un contact des dents en tout temps lors de mouvements excentrés, en compensant « dans le plan sagittal l'influence de l'abaissement postérieur de la mandibule, pendant le trajet de propulsion et les différentes diductions » (Pompignoli, 2017, p. 220).</p> <p>Reproduit les courbes de Spee et de Wilson.</p> <p>Peut être différente à gauche et à droite.</p>		 <p>Source. Hauteville (2014)</p>  <p>Source. Hauteville (2014)</p>	 <p>Source. Lejoyeux (1976, p. 506)</p>  <p>Source. Lejoyeux (1976, p. 506)</p> 	<p>Elle est déterminée lors du montage par la ou le denturologiste en tenant compte des autres variables.</p> <p>« Seule la cuspide mésio-palatine est en contact avec la ligne guide gravée sur le plan d'occlusion. Dans le plan sagittal, un angle de compensation est ainsi amorcé. La face occlusale de la première molaire est inclinée en arrière et en haut. Elle forme avec le plan un angle de 6° environ. Une inclinaison frontale proportionnelle à l'angle de la trajectoire du condyle orbitant est également prévue et réalisée » (Lejoyeux, 1976, p. 506).</p> <p>« La face occlusale de la deuxième molaire est montée dans le prolongement de la face occlusale de la première molaire » (Lejoyeux, 1976, p. 507).</p>
-------------------------------	--	--	---	--	--

Note. Tous les éléments des cinq premières colonnes ont été fournis à l'étudiant lors de l'activité 2. Ce dernier doit seulement compléter la dernière colonne avec un équivalent de ce qui y est écrit.

Annexe B. Principales notions pour l'exposé magistral de l'activité 4

Les considérations d'ordre mécanique en denturologie

La fabrication de prothèses dentaires place quotidiennement le denturologiste en relation avec plusieurs notions de physique mécanique. En effet, les auteurs soulèvent le rôle fonctionnel des prothèses et les impératifs mécaniques nécessaires pour que l'utilisation quotidienne par le patient se fasse sans heurt.

Certains, comme Pompignoli et al. (2017) parlent même d'un système prothétique et affirment que, pour être efficace, il doit répondre aux impératifs a) de sustentation, b) de rétention et c) de stabilisation. C'est-à-dire que l'ensemble des forces appliquées sur la prothèse doit empêcher respectivement l'enfoncement de la prothèse dans les surfaces d'appui, le soulèvement vertical de la prothèse et les mouvements horizontaux de celle-ci (Batarec, 1998). Le montage, bien que pouvant agir indirectement sur les deux premiers impératifs, assure principalement la fonction de stabilisation des prothèses (Lejoyeux, 1976, 1978; Pompignoli et al., 2017).

Durant la mastication, des vecteurs de force s'établissent sur les bases prothétiques (Christen et Kerschensteiner, 2013). Pour que les prothèses demeurent stables, confortables et efficaces, ces différents vecteurs doivent s'annuler entre eux et aboutir à une résultante nulle. Par ailleurs, Nagle, Sears et Silverman (1962) mentionnent que les principes de leviers et de plans inclinés sont reliés au montage des prothèses dentaires. De plus, ces derniers soulignent l'implication de la dynamique, que ce soit en termes de cinématique ou de statique, dans la réalisation du montage et dans la stabilisation des prothèses. Il convient, selon eux, de traiter les mâchoires et leurs actions comme une machine qui transmet et reçoit des forces.

Avant toute chose, il faut rappeler que « l'objet de tout montage sur un articulateur est d'établir, sur un instrument mécanique, le même rapport des dents à ses axes, que les dents occupent, dans la bouche, par rapport aux axes des condyles » (Granger, 1962, p. 15). La transposition des données du patient sur l'articulateur se fera grâce aux manipulations effectuées lors du rendez-vous d'enregistrement d'occlusion. Il faut ici comprendre que des manipulations adéquates et une bonne gestion des paramètres, lors de cette séance clinique, sont impératives au bon déroulement et à l'efficacité subséquente du montage (Bonifay, 2017; Christen et Kerschensteiner, 2013; Lejoyeux, 1976).

L'interaction des différentes variables

Afin de bien comprendre l'équilibre du montage et l'interaction entre elles des variables impliquées, Lejoyeux (1976) mentionne les travaux de Thieleman qui a établi une formule simple liant les cinq facteurs du quint de Hanau:

$$\text{Équilibre} = \frac{\text{trajectoire condylienne X trajectoire incisive}}{\text{courbe de compensation X inclinaison du plan d'occlusion X hauteur cuspidienne}}$$

Cette formule montre aisément que, pour que l'équilibre soit permanent, toute augmentation d'un facteur du numérateur doit se traduire par une augmentation des facteurs du dénominateur ou par une réduction du deuxième facteur du numérateur. Et inversement, toute augmentation d'un facteur du dénominateur se traduit par une augmentation des facteurs du numérateur ou par une réduction des deux autres facteurs du dénominateur. (Lejoyeux, 1976, p. 503)

En se référant à cette formule, il faudra toujours tenir compte des variables du *quint de Hanau* qui ne sont pas modifiables en laboratoire par la ou le denturologiste. Ce sont les variables indépendantes, c'est-à-dire la pente condylienne et le plan prothétique. Ainsi, il sera possible de faire un choix de dents postérieures en fonction de ces variables indépendantes et, finalement, d'établir une courbe de compensation et une trajectoire incisive de manière à atteindre l'équilibre.

Pompignoli et al. (2017) établissent clairement le lien entre les prothèses dentaires et la notion de système. Ainsi, un montage équilibré réalisé sur un articulateur de précision peut être entrevu comme un modèle du système prothétique qui se trouvera en bouche.

Notion de système

Selon Le Moigne (1977), le système général est « un objet qui, doté de finalités, fonctionne, se structure et évolue dans un environnement » (p. 52).

Cette définition s'établit en fonction des cinq concepts clés du système général, qui sont :

1. Les finalités : le but de l'objet;
2. L'environnement : l'espace physique dans lequel l'objet se trouve;
3. La structure : l'agencement des parties internes de l'objet;
4. Les fonctions : ce que l'objet fait;
5. L'évolution : la façon dont l'objet se comporte dans le temps. (Forget, 2016; Le Moigne, 1977)

Il est donc possible d'entrevoir toute chose ou tout être, voir tout objet d'apprentissage, comme un système et de tenir compte de ces cinq concepts pour les définir.

Par ailleurs, le système général est complexe et est constitué d'un ensemble d'éléments en interaction dynamique, il est donc difficilement réductible à la somme de ses parties (Legay, 1990; Lemire, 2008). Il est utile pour représenter les réalités ou phénomènes complexes que l'on veut connaître, ainsi « chaque personne meuble sa conscience de mondes représentés érigés en systèmes et modélisés » (Lemire, 2008, p. 34).

Un système ne peut pas être réduit à la somme de ses éléments constitutifs, car la dynamique et les interactions entre ceux-ci constituent l'essence même du concept de système.

Notion de modèle

La notion de modèle est une notion complexe, à laquelle il est possible d'attribuer une multitude de sens. (Forget, 2016; Gire, 1990; Le Moigne, 1987; Parrochia 1990). Toutefois, la ligne directrice attachée à la notion de modèle est que ce dernier est un outil de représentation et de médiation, qui met en contact le concret de l'expérience avec l'abstrait de la théorie : le réel et la connaissance (Forget, 2016; Gire, 1990; Le Moigne, 1987; Parrochia, 1990; Riopel, 2005; Sensevy et Santini, 2006; Varenne, 2013).

Les modèles « permettent de rendre plus facile l'application de théories souvent trop éloignées de la réalité pour être utilisées telles quelles et de comprendre certains phénomènes trop complexes pour être appréhendés directement dans leur intégralité » (Forget, 2016, p. 129).

Un modèle, c'est donc un objet médiateur qui a pour fonction de faciliter une opération cognitive dans le cadre d'un questionnement orienté, opération cognitive qui peut être de cognition pratique (manipulation, savoir-faire, apprentissage de geste, de techniques de conduites, etc.) ou théorique (récolte de données, formulation d'hypothèse, hypothèse de mécanismes théoriques, etc.) (Varenne, 2013, p. 13-14).

De plus, Paquette (2002) souligne que les modèles sont utiles pour comprendre la totalité du système que nous voulons construire.

Varenne (2013) précise cette pensée et exprime que « dans l'acte d'utiliser un modèle ou une simulation scientifique, il s'agit toujours de manipuler, de modifier ou de construire un objet, vivant ou non, matériel ou formel, en vue de répondre à un certain nombre de questions relevant d'une enquête de connaissance » (p. 11).

Il est ainsi normal qu'un modèle donne lieu à une interprétation (Paquette, 2002). Par contre, cela devient une limite dans la mesure où l'utilisateur, souvent l'apprenante ou l'apprenant, confond la réalité avec le modèle (Riopel, 2005). Enfin, Legay (1990) résume l'idée ainsi : « c'est parce qu'un modèle est un instrument qu'il n'est pas la preuve de quoi que ce soit » (p. 237).

En effet, la création d'un modèle nécessite un découpage de la réalité accompli par le modélisateur, ce qui implique une simplification de la réalité. Ainsi, « le bon usage de son modèle requiert la reconnaissance préalable de son ambiguïté nécessaire ».



Annexe C. Rapport d'activité nécessaire à la réalisation de l'activité 6

1. Quelle est la nature du problème auquel tu es confronté et quelle variable a été affectée ?

2. Quelle répercussion est-ce que cela crée au niveau de l'équilibre du montage (au niveau des dents lors des mouvements)?

3. Sur quelle (s) variable (s) penses-tu devoir agir ?

4. Comment t'y es-tu pris pour résoudre le problème, quelles opérations as-tu fait, comment as-tu changé les variables?

5. Existe-il une autre solution valable pour résoudre ce problème, pourquoi ?

6. Que retiens-tu de cet exercice ?

ANNEXE D. LE QUESTIONNAIRE



Questionnaire d'évaluation du cahier des charges

Bonjour,

Le questionnaire suivant a pour objectif de recueillir vos commentaires sur le simulateur pédagogique conçu pour favoriser la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes par les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie.

Afin de bien répondre au questionnaire, vous devez parcourir les différentes sections du cahier des charges, qui vous a été remis; il est préférable d'avoir le cahier des charges à votre disposition lorsque vous compléter le questionnaire. Nous aimerions connaître votre avis sur l'analyse ayant menée à concevoir le simulateur et sur le design du simulateur, incluant la stratégie pédagogique globale, le modèle et la situation de référence, les fonctions du simulateur, les exercices et la configurations des écrans. Les réponses recueillies permettront de remanier le cahier des charges et d'améliorer le design du simulateur avant la phase de développement de celui-ci.

Le temps requis pour répondre au questionnaire est d'environ 30 minutes consécutives. Vous ne pouvez pas fermer la page et y revenir par la suite, car vos réponses seront perdues, mais il est possible de faire une pause en conservant la page du questionnaire ouverte.

Nous vous rappelons que les réponses sont recueillies de manière entièrement anonyme, car le présent questionnaire est paramétré de façon à empêcher l'identification du répondant ou de la répondante par la chercheuse et aucune donnée nominative ou permettant l'identification de la personne répondante ne sera recueillie par le biais des questions. Soyez ainsi à l'aise de répondre de manière honnête à chacune des questions. Par ailleurs, l'ensemble des données, et plus précisément les données découlant des questions ouvertes du questionnaire, seront traitées de façon globale et ne permettront pas l'identification des personnes participantes lors de la divulgation des résultats de la recherche.

Pour assurer la confidentialité, les données recueillies via ce questionnaire seront conservées sur une clé USB protégée par un mot de passe, qui sera elle-même gardée sous clé au domicile de la chercheuse. Les seules personnes qui y auront accès sont la chercheuse, sa directrice d'essai et sa codirectrice d'essai. Les données seront détruites au plus tard en 2025 et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Nous vous remercions de votre collaboration. Par votre implication, vous contribuez à améliorer la diversité des ressources didactiques disponibles en denturologie et à favoriser l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.

* Obligatoire

EXPÉRIENCE DES ENSEIGNANTES ET ENSEIGNANTS EN DENTUROLOGIE

1. Depuis combien de temps enseignez-vous en Techniques de denturologie au Cégep Édouard-Montpetit? *

- ☐ Moins de 5 ans
- ☐ Entre 5 et 10 ans
- ☐ Entre 10 et 15 ans
- ☐ Plus de 15 ans
- ☐ Je préfère ne pas répondre

2. Avez-vous une formation universitaire en pédagogie de l'enseignement collégial? *

- ☐ Oui
- ☐ Non
- ☐ Je préfère ne pas répondre

3. Avez-vous déjà enseigné un ou plusieurs des cours suivants, reliés à l'apprentissage de la compétence 00E7: Procéder au montage des dents et à l'essai en bouche, en prothèse complète?

Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent. *

- ☐ Le cours 110-205-EM: Procédés de montage de prothèses complètes
- ☐ Le cours 110-CHU-05: Conception et confection de PCA I
- ☐ Le cours 110-408-EM: Traitements cliniques adaptés (anciennement 110-427-EM)
- ☐ Le cours 110-435-EM: Conception et confection de PCA II
- ☐ Je n'ai donné aucun des cours énumérés à la question 3

4. Avez-vous déjà enseigné un ou plusieurs des cours suivants, permettant la réalisation du plan de traitement et porteur de la compétence 00EC: Concevoir et fabriquer des prothèses amovibles complètes et immédiates?

Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent. *

- ☐ Le cours 110-435-EM: Conception et confection de PCA II
- ☐ Le cours 110-528-EM : Conception et confection de PCA, de PPA et immédiates
- ☐ Le cours 110-60D-EM: Stage
- ☐ Je n'ai donné aucun des cours énumérés à la question 4

ANALYSE

5. Les questions suivantes portent sur le contexte de développement du simulateur. *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Le contexte dans lequel s'insère le simulateur est suffisamment expliqué.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le contexte est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du Cégep Édouard-Montpetit (CEM).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La problématique ayant mené à la conception du simulateur est suffisamment claire.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La problématique est en lien avec la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie du CEM.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le contexte de développement du simulateur.

7. Les questions suivantes portent sur la clientèle cible et les besoins pédagogiques. *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
La clientèle cible est adéquatement expliquée.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le cours ciblé est bien choisi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les compétences visées par le simulateur sont clairement identifiées.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les éléments de compétence visés par le simulateur sont clairement identifiés.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les compétences et les éléments de compétence visés par le simulateur sont en lien avec la problématique.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les capacités à développer dans le cadre des compétences visées par le simulateur sont en lien avec les éléments de compétence retenus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les objectifs du simulateur sont clairement identifiés.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les objectifs du simulateur sont en lien avec la problématique mentionnée.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La cible de formation est bien choisie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Les modalités d'enseignement retenues sont pertinentes pour atteindre la cible de formation.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant la clientèle cible et les besoins pédagogiques.

9. Les questions suivantes portent sur les contraintes techniques *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Il est nécessaire que le simulateur soit compatible avec les principaux systèmes d'exploitation.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Il est nécessaire que le simulateur puisse être accessible à distance et pas uniquement dans les installations du CEM.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Il est nécessaire que l'affichage au sein du simulateur se fasse en français.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Il est nécessaire d'avoir les trois niveaux d'utilisateur mentionnés.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'identification de l'utilisateur-étudiant, par l'utilisateur-enseignant à l'intérieur du simulateur est nécessaire.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le suivi du cheminement de l'étudiant est nécessaire.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le simulateur doit représenter de manière fidèle l'articulateur Hanau utilisé par les étudiants du programme.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant les contraintes techniques

11. Les questions suivantes portent sur les ressources disponibles *

[illegible]

14. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant les ressources nécessaires.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to write their comments regarding necessary resources.

DESIGN

15. Les questions suivantes portent sur le design de la stratégie pédagogique globale. *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Les prérequis sont correctement identifiés.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 1 permet l'activation des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 2 permet l'élaboration et un début d'organisation des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 3 permet l'organisation des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 4 permet l'organisation des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Globalement, les activités de révision et de bases théoriques sont pertinentes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 5 permet l'application des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 6 permet une procéduralisation des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Globalement, les activités utilisant le simulateur sont pertinentes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'activité 7 permet l'intégration des connaissances.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
L'activité suivant l'utilisation du simulateur est pertinente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La stratégie globale est cohérente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La stratégie globale est réalisable dans le cadre du cours 110-435-EM.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La stratégie globale permet l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèse dentaire complète.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le design de la stratégie pédagogique globale.

17. Les questions suivantes portent sur le design du simulateur pédagogique. *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Le simulateur est bien défini en tant que simulateur pédagogique.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le simulateur est bien défini en tant que micromonde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le simulateur permettra à l'étudiant de manipuler un modèle.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La simulation offerte par le biais du simulateur est bien définie en tant que simulation de situation.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La simulation offerte par le biais du simulateur est bien définie en tant que simulation technique.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le modèle de référence est bien choisi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le modèle de référence est adéquatement expliqué.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le modèle de référence est représentatif de la réalité vécue au sein du programme Techniques de denturologie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les fonctions du simulateur sont pertinentes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Les fonctions du simulateur sont adéquatement expliquées.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les fonctions du simulateur sont complètes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les fonctions permettent de reproduire la dynamique du système: Montage équilibré sur articulateur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les exercices inclus dans le simulateur permettent de traiter de l'ensemble des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèse dentaire complète.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Les exercices inclus dans le simulateur sont représentatifs de la situation de travail du denturologiste.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La configuration des écrans permettra aux étudiants de naviguer aisément dans le simulateur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La configuration des écrans offre un environnement visuellement agréable.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
La configuration des écrans permettra aux programmeurs, aux designers graphiques et aux modélisateurs 3D de comprendre l'environnement attendu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Veuillez inscrire, ci-dessous, tout commentaire concernant le design du simulateur pédagogique.

APPRÉCIATION GLOBALE

19. Les questions suivantes portent sur des aspects plus globaux concernant le cahier des charges et le simulateur. *

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Le document présenté par la chercheuse est clair.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'information présentée dans le document est pertinente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le simulateur pédagogique conçu, pour les étudiants du programme Techniques de denturologie, favorisera la modélisation des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Le simulateur pédagogique conçu, pour les étudiants du programme Techniques de denturologie, favorisera l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La réalisation des étapes d'analyse et de design rassemble suffisamment d'informations pour permettre à la chercheuse de passer à l'étape subséquente de Développement.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Ni en accord, ni en désaccord	Plutôt en désaccord	Tout à fait en désaccord
Le projet de conception et de développement d'un simulateur pédagogique est pertinent pour le département de denturologie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Ce simulateur pourrait-il être utilisé dans d'autres cours du programme? Si oui, lesquels. *

21. Qu'avez-vous le plus aimé dans l'ensemble du projet? *

22. Quels sont les points à améliorer selon vous? *

ANNEXE E. LE FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ

perform^A

ETH-B

MAÎTRISE EN ENSEIGNEMENT AU COLLÉGIAL (M. Éd.)

Formulaire d'information et de consentement

1. RESPONSABLES DU PROJET

Nom de l'étudiante ou de l'étudiant :	Cynthia Ouellet
Courriel :	
Nom de la direction de recherche ou de la personne responsable de l'activité pédagogique :	Sawsen Lakhali
Courriel :	

2. INVITATION

Madame,
Monsieur,

Nous vous invitons à participer au projet de recherche *Conception d'un simulateur pédagogique favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie*. Les objectifs de ce projet sont de concevoir un simulateur pédagogique comme outil d'aide à la modélisation et à l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes et de valider la conception, qui se retrouvera à l'intérieur d'un cahier des charges détaillé, auprès d'expertes et d'experts en pédagogie de la denturologie.

En quoi consiste la participation au projet?

Votre participation à ce projet consiste à lire le cahier des charges du simulateur pédagogique et à répondre à un questionnaire numérique, au format Microsoft Forms, validant les différents éléments de celui-ci. Le seul inconvénient lié à votre participation est le temps consacré à la recherche, soit d'une à deux (1-2) heures.

Qu'est-ce que la personne responsable du projet fera avec les données recueillies?

Pour éviter votre identification comme personne participante à ce projet, les données recueillies par cette étude seront traitées de manière **entièrement anonyme**. L'anonymat des participantes et participants sera assuré, car le questionnaire numérique sera paramétré de façon à ce que l'identification de la répondante ou du répondant par la chercheuse ne soit pas possible et aucune donnée nominative ou permettant l'identification de la personne répondante ne sera recueillie par le biais des questions (les noms, l'âge et les coordonnées des personnes participantes ne seront pas demandés). Par ailleurs, l'ensemble des données et plus précisément les données découlant des questions ouvertes du questionnaire, seront traitées de façon globale et ne permettront pas l'identification des personnes participantes lors de la divulgation des résultats de la recherche. Les résultats seront diffusés par le biais d'articles, de communications orales dans des congrès scientifiques ou professionnels et principalement dans l'essai de maîtrise.

Pour assurer la confidentialité, le présent formulaire, une fois rempli par la personne participante, sera conservé sous clé au domicile de la chercheuse. Aussi, les données recueillies via le questionnaire numérique seront conservées sur

une clé USB protégée par un mot de passe, qui sera elle-même gardée sous clé au domicile de la chercheuse. Les seules personnes qui y auront accès sont la chercheuse, sa directrice d'essai et sa codirectrice d'essai. Les données seront détruites au plus tard en 2025 et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Est-il obligatoire de participer?

Non. La participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement **libre de participer ou non**, et de vous retirer en tout temps (en arrêtant de répondre au questionnaire électronique) sans avoir à motiver votre décision ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

Y a-t-il des risques, inconvénients ou bénéfices?

Au-delà des risques et inconvénients mentionnés jusqu'ici en ce qui a trait à l'inconvénient de temps, la responsable du projet considère que les risques possibles sont minimaux. La contribution à l'avancement des connaissances au sujet des simulateurs pédagogiques et de la modélisation des variables mécaniques en prothèses dentaires complètes amovibles ainsi que l'amélioration de la pratique enseignante de la personne responsable du projet sont les bénéfices prévus. Aucune compensation financière n'est accordée.

Que faire si j'ai des questions concernant le projet?

Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, n'hésitez pas à communiquer avec moi aux coordonnées indiquées ci-dessous.

3. CONSENTEMENT DE LA PARTICIPANTE OU DU PARTICIPANT

J'ai lu et j'ai compris le contenu du présent formulaire. J'ai eu l'occasion de poser toutes mes questions et on y a répondu à ma satisfaction. Je sais que je suis libre de participer au projet ou non et que je demeure libre de m'en retirer en tout temps, par avis verbal et sans préjudice. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.

Après avoir lu les informations sur le projet de recherche, consentez-vous à y participer?

- ☐ **Oui, après réflexion, je consens à participer à ce projet.**
- ☐ **Non, après réflexion, je ne consens pas à participer à ce projet.**

Signature de la participante ou du participant : _____

Nom et prénom de la participante ou du participant : _____

Date : _____

4. ENGAGEMENT**A. Engagement de l'étudiante ou de l'étudiant responsable du projet**

Je certifie avoir expliqué à la personne participante les conditions de participation au projet et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions qu'elle a posées afin d'assurer sa compréhension. J'ai clairement indiqué à la personne participante qu'elle reste à tout moment libre de mettre un terme à sa participation dans le projet.

Nom et prénom de l'étudiante ou de l'étudiant responsable du projet : ____Cynthia Ouellet____

Courriel : ____

Signature de l'étudiante ou de l'étudiant responsable du projet : ____

Date : ____29-09-2020____

B. Engagement de la direction de recherche ou de la personne responsable de l'activité pédagogique

J'approuve le projet soumis et les mesures éthiques prévues.

Nom et prénom de la direction de recherche ou de la personne responsable de l'activité pédagogique : ____Sawsen Lakhal____

Courriel : ____

Signature de la direction de recherche ou de la personne responsable de l'activité pédagogique : ____

Date : ____29 septembre 2020____

S.V.P., signez les deux copies.

Conservez une copie et remettez l'autre à la personne responsable du projet.

Le Secteur Performa de l'Université de Sherbrooke a approuvé ce projet de recherche et en assurera le suivi. Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet ou si vous avez des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec la coordonnatrice de la maîtrise en enseignement au collégial à l'adresse courriel performa@usherbrooke.ca.

ANNEXE F. L'ATTESTATION DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE



ATTESTATION DE CONFORMITE ETHIQUE

LE SECTEUR PERFORMA-UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE CERTIFIE AVOIR EXAMINÉ LE PROJET

DATE DU RAPPORT	NOM DU PROJET	NOM, PRENOM DE L'ETUDIANTE OU DE L'ETUDIANT
1er septembre 2020	Conception d'un simulateur favorisant la modélisation et l'apprentissage des variables mécaniques reliées au montage équilibré en prothèses dentaires complètes, pour les étudiantes et les étudiants en Techniques de denturologie	Ouellet, Cynthia

PROGRAMME

Maîtrise en enseignement au collégial (M. Éd.)

ÉQUIPE DE DIRECTION DU PROJET D'ESSAI

	NOM	PRÉNOM
DIRECTRICE OU DIRECTEUR	Lakhal	Sawsen
CODIRECTRICE OU CODIRECTEUR	Marceau	Nathalie

PERFORMA ESTIME QUE LE PROJET PROPOSÉ EST CONFORME AUX PRINCIPES ÉTHIQUES ÉNONCÉS DANS LE DOCUMENT : *BALISES RELATIVES À UNE DEMANDE D'ATTESTATION FACULTAIRE DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE*

CONFIRMATION DES INTERVENANTES ET INTERVENANTS

DIRECTRICE OU DIRECTEUR	Lakhal	Sawsen
CODIRECTRICE OU CODIRECTEUR	Marceau	Nathalie
EVALUATRICE OU ÉVALUATEUR	Lemay	Denyse
RESPONSABLE DE PROGRAMME	Lison	Christelle

LA RESPONSABLE DE PROGRAMME

SIGNATURE

DATE 1^{er} septembre 2020

Christelle Lison, responsable de la maîtrise en enseignement au collégial

PRENDRE NOTE QU'UNE CERTIFICATION ÉTHIQUE REÇUE DU SECTEUR PERFORMA NE PEUT REMPLACER UNE AUTORISATION LOCALE DE PROCÉDER À LA CUEILLETTE DE DONNÉES AUPRÈS DE SUJETS HUMAINS DANS UN AUTRE ÉTABLISSEMENT. CEPENDANT, LA CERTIFICATION OBTENUE CONFIRMERA QUE LE PROJET D'ESSAI DE MAÎTRISE EST CONFORME AUX PRINCIPES ÉTHIQUES ÉNONCÉS DANS LE DOCUMENT : *BALISES RELATIVES À UNE DEMANDE D'ATTESTATION FACULTAIRE DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE*.